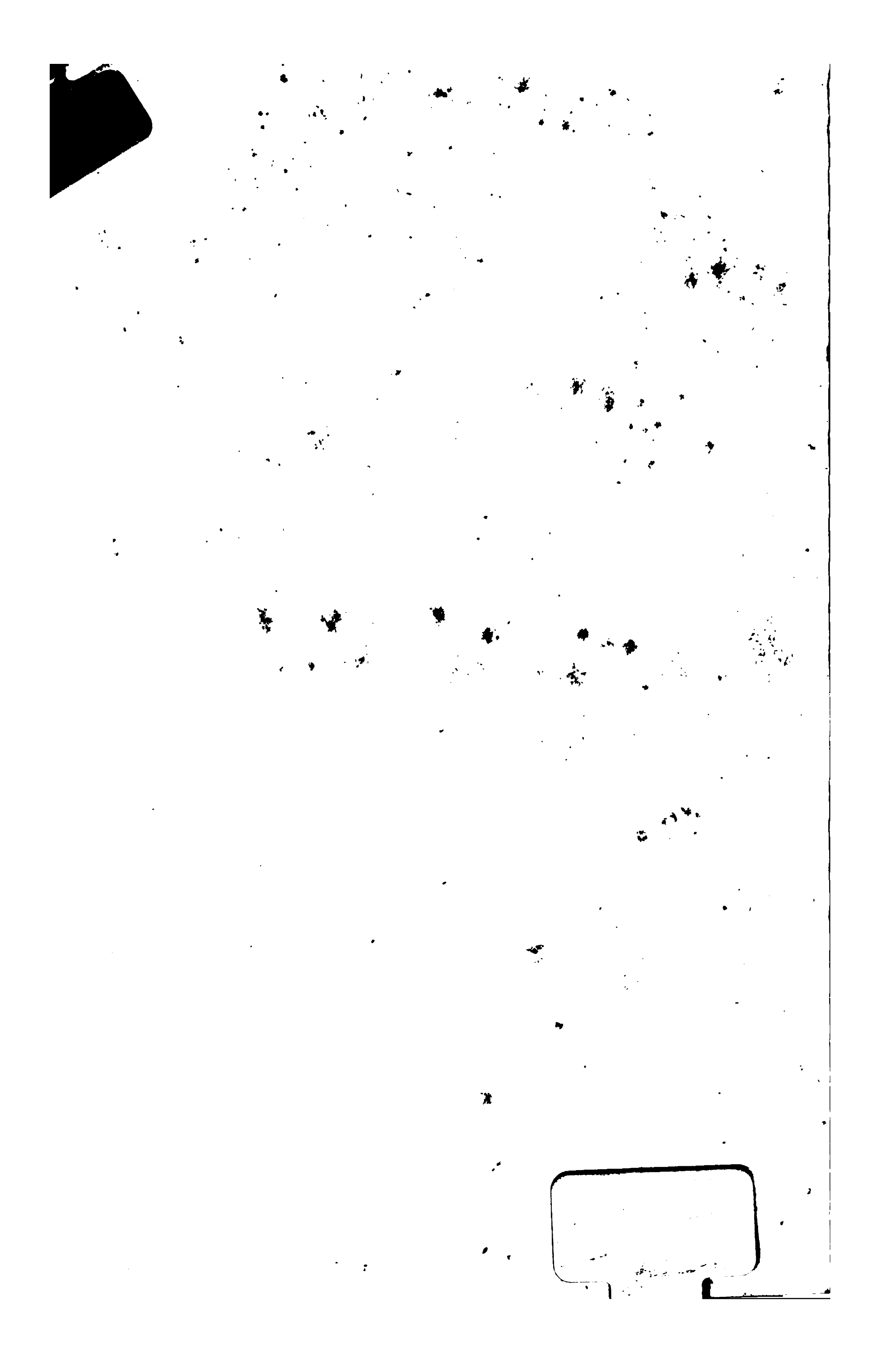




DES

APPAREILS ÉLECTRIQUES

DES

POISSONS ÉLECTRIQUES.

PARIS. — IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER,
RUE DU JARDINET, 12.

DES

APPAREILS ÉLECTRIQUES

DES

POISSONS ÉLECTRIQUES,

PAR

A.-J. JOBERT (DE LAMBALLE),

MEMBRE DE L'INSTITUT (ACADÉMIE DES SCIENCES), CHIRURGIEN ORDINAIRE DE S. M. L'EMPEREUR, PROFESSEUR DE CLINIQUE CHIRURGICALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS, MEMBRE DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE, CHIRURGIEN DE L'HOTEL-DIEU, COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR, ETC.



PARIS,

J.-B. BAILLIÈRE Père et Fils, LIBRAIRES, Rue Haute-Feuille, 19.

MALLET-BACHELIER, LIBRAIRE, Quai des Augustins, 55.

1858

A

S. M. NAPOLÉON III,

EMPEREUR DES FRANÇAIS.

SIRE,

Enhardi par la bienveillance dont VOTRE MAJESTÉ daigne m'honorer, j'ose lui dédier mes *Études sur les Appareils électriques des Poissons électriques*.

Heureux si ce travail n'est pas jugé indigne de paraître sous les auspices d'un si grand nom.

Je suis avec le plus profond respect,

SIRE,

de VOTRE MAJESTÉ,

le très-humble et fidèle sujet,

JOBERT (DE LAMBALLE).

INTRODUCTION.

Mon goût pour les études anatomiques m'a conduit à entreprendre de nombreuses recherches sur les grands appareils nerveux et vasculaire.

Les vaisseaux et les nerfs sont la base de l'organisme dans l'homme comme dans les animaux? Sans eux, pas de nutrition, pas de développement, et l'équilibre des fonctions vitales ne se maintient qu'à la condition d'une parfaite intégrité de ces deux systèmes, qui semblent ne pouvoir exister l'un sans l'autre.

Un grand développement du système sanguin et sa structure complexe supposent toujours de grands phénomènes organiques et des manifestations vitales variées ; lorsqu'au contraire l'appareil se réduit et se simplifie, on peut être assuré qu'on ne rencontrera ni ces sécrétions multiples, ni ces exhalations produites par de larges surfaces, telles que les nécessite le déploiement d'une active vitalité.

De même pour le système nerveux : lorsqu'il cesse de présenter cet ensemble de masses, de plexus, de grands et de longs cordons, dont l'existence révèle sûrement un ensemble richement coordonné de fonctions vitales, de sensations et de mou-

vements, on doit s'attendre à voir les actes résultant de ses fonctions devenir de plus en plus vagues et de plus en plus limités.

Le travail d'anatomie et de physiologie que je publie en ce moment fait partie de cette série d'études. Il a pour objet particulier le système nerveux de certains poissons, qui, pourvus d'appareils organiques spéciaux, dépendant de ce système, produisent des phénomènes extraordinaires, prodigieux, pour ainsi dire, dans le règne animal, et tout à fait semblables à ceux que les physiciens déterminent au moyen de la bouteille de Leyde et des batteries électriques.

L'anatomie des poissons en général donne la preuve des corrélations qui existent entre le système sanguin et le système nerveux central ou céphalo-rachidien, ainsi que de l'étroite dépendance dans laquelle se trouvent les manifestations de la vie par rapport à ces deux systèmes. Cuvier et Valenciennes avaient déjà noté la disproportion qui existe, dans cette classe, entre le volume du système sanguin et celui de l'animal (t. Ier, p. 510). La disproportion n'est guère moindre pour le système nerveux central : les masses nerveuses y sont peu considérables; elles ne se composent pour ainsi dire que de simples cordons renflés, ayant trop peu de surface pour que les impressions puissent s'y rassembler en foyer et les perceptions s'y dessiner fortement. Dans la portion périphérique, au contraire, portion qui a moins besoin que les centres nerveux d'une riche vascularisation, les nerfs proprement dits présentent chez les poissons un développement remarquable et toujours proportionné au volume même des organes de contractilité et de locomotion de l'animal et à sa puissance d'action vitale.

Dans mes travaux sur l'anatomie et la physiologie des poissons, j'ai cherché à étudier cette puissance d'action et à mesurer leur force nerveuse à l'aide de deux moyens : 1° par le galvanisme; 2° par l'observation des phénomènes naturels constatés

sur les poissons doués de la faculté si curieuse de créer et de dégager de l'électricité.

En mettant à la portée des expérimentateurs le procédé qui a gardé son nom, et à l'aide duquel on peut provoquer des contractions musculaires et des mouvements involontaires, réveiller le système nerveux plongé dans la stupeur, augmenter, sans le dénaturer, le produit des sécrétions, Galvani a réellement mis en évidence la présence dans les nerfs d'un fluide particulier, qu'il n'avait été possible d'admettre auparavant que par hypothèse.

Galvani, dont les découvertes remontent à 1772, pensait que ce fluide n'était autre que l'électricité elle-même; les nerfs étaient, à ses yeux, les conducteurs du fluide électrique fourni par les muscles. Pour l'illustre professeur de Bologne, chaque muscle était une *bouteille de Leyde animale*, dont l'intérieur était chargé d'électricité positive.

Cette théorie, qui venait donner le dernier coup à la vieille doctrine des esprits animaux, n'a pas été admise par le plus grand nombre des expérimentateurs modernes, continuateurs de Galvani. Le plus éminent d'entre eux, M. A. de Humboldt, tout en considérant les phénomènes du galvanisme comme analogues à ceux du magnétisme et de l'électricité, admet qu'ils sont produits par des agents différents et d'une nature particulière (1). Dans ces dernières années, les recherches importantes de MM. Matteucci et du Bois-Reymond sur l'électricité animale

---

(1) Voici comment s'exprime à cet égard l'illustre voyageur : « Ce fluide, mis » en mouvement à l'occasion du contact de certains corps, peut irriter les or- » ganes de manière à exciter des sensations, ou des contractions musculaires, ou » des changements dans les sécrétions; il exerce sur chacune des parties du corps » une action dépendante du principe de la vie; il est enfin considéré comme » jouant un rôle important dans le procédé chimique animal, dont dépendent, » selon des physiologistes très-distingués, et même, à ce qu'il paraît, selon le » savant professeur Fourcroy, toutes les fonctions des corps vivants. »

ont élevé l'électro-physiologie au rang d'une véritable science. Ces deux habiles physiciens ont confirmé de la manière la plus éclatante l'exactitude des principes développés par Galvani ; ils ont démontré que toute fibre musculaire est un véritable couple électrique, dont les pôles sont placés l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur de la fibre. Je vais à mon tour essayer de jeter quelque lumière sur cette grande question, en me plaçant à un point de vue différent de celui de mes devanciers et en m'enfermant dans l'étude anatomique et physiologique des *poissons électriques*.

La connaissance de commotions plus ou moins violentes, déterminées par le contact de certains poissons, remonte à des temps fort reculés, comme l'indique suffisamment le nom même de *Torpille*, ainsi que les noms de *Trembleur* et de *Magicien* donnés par les anciens à ces animaux. Ce fait est pourtant demeuré pendant grand nombre de siècles un objet d'étonnement, sans devenir pour cela une source d'observations scientifiques. Ce n'est qu'à des époques voisines de nous que des expérimentateurs ont voulu savoir si les commotions communiquées par la Torpille n'avaient pas quelque analogie avec celles que développe la *bouteille de Leyde*. Nalrh, physicien anglais, et Muschenbroek sont entrés les premiers dans cette voie.

Le LXIIIe volume des *Transactions de la Société Royale de Londres* (année 1773) contient les résultats des observations du premier, dont le plus saillant a été de signaler des influences électriques différentes sur le dos et sur le bas-ventre de l'animal. Volta assimilait l'organe de la Torpille à une pile électrique ; pour lui, les couples de cette pile animale étaient formés par l'association de trois liquides hétérogènes et conducteurs.

Pour faire comprendre toute l'importance de ces vues sur l'origine de l'électricité fournie par la Torpille, il nous suffira de rappeler que, dans ces dernières années, M. L. Foucault a démontré qu'on peut former des piles sans métal avec tous les

liquides conducteurs qui ne se précipitent pas les uns les autres. MM. Gay-Lussac et de Humboldt ont exposé avec talent les phénomènes de la décharge électrique, et l'on doit à John Davy l'importante découverte de l'action du courant de la Torpille sur l'aiguille aimantée. M. Becquerel a donné ensuite les moyens exacts pour fixer d'une manière sûre la direction du courant qui produit la décharge ; et enfin M. Matteucci, appliquant à ce courant l'appareil à extra-courant de Faraday, est parvenu à en obtenir l'étincelle électrique. Il a complété cette curieuse découverte en ajoutant à l'appareil des modifications qui permettent de rendre l'expérience plus décisive. A l'aide de ces perfectionnements, MM. Matteucci et Linari ont obtenu l'étincelle d'une manière assez régulière pour qu'on puisse aujourd'hui considérer comme complète la démonstration de l'identité du fluide dégagé par les décharges de la Torpille avec celui qui se dégage des appareils électriques ordinaires.

D'un autre côté, l'organisation de la Torpille et de son appareil spécial ont été l'objet de l'étude d'une série de savants, au premier rang desquels se placent Hunter, Geoffroy-Saint-Hilaire, Redi, Lorenzini, et plus récemment Breschet, Paul Savi, Valenciennes.

Une question se présente avant de quitter ces préliminaires : Y a-t-il unité dans le système nerveux des poissons électriques ? L'abolition de la sensibilité amène-t-elle chez eux des modifications dans les mouvements musculaires ?

A nos yeux, l'enchaînement de la sensibilité et du mouvement ne saurait être l'objet d'aucun doute, car la nature reproduit toujours les mêmes lois dans toutes les classes d'animaux, avec des modifications organiques seulement.

Or, dans les grands animaux et dans l'homme en particulier, toute modification survenue dans l'excitation nerveuse peut amener des changements dans la circulation, dans les excré-

tions, etc. Il est incontestable que l'abolition de la sensibilité d'un point du corps modifie le rhythme des mouvements musculaires. C'est ainsi que les personnes qui ont un côté du corps insensible, lorsqu'on leur bouche les yeux, n'exécutent plus ou exécutent sans ordre l'action de la volonté. Ces troubles d'un appareil qui retentissent sur les fonctions d'un second appareil, de manière à en rompre l'équilibre, ne prouvent-ils pas d'une manière évidente l'unité du système nerveux?

Mes recherches n'ont pas eu seulement pour but de comparer les appareils entre eux, d'en faire une description anatomique qui laissât peu à désirer sous le rapport de l'exactitude, de démontrer enfin l'unité du système nerveux, même dans ces poissons qui sont doués de phénomènes aussi extraordinaires. J'ai encore voulu savoir si, à l'aide du scalpel, on ne pourrait pas reconnaître quelques particularités dans la structure des nerfs qui se rendent à l'appareil, et si leur distribution n'offre pas une terminaison autre que celle observée jusqu'à présent. Dans la quantité de ces nerfs et dans leur arrangement, dans leur division et subdivision, j'ai trouvé l'indice certain d'une fonction plus active et d'un effet plus puissant.

J'ai recherché si, dans la grande famille des Raies, dont les Torpilles font partie, on ne retrouverait pas un appareil analogue à celui que l'on rencontre dans les Torpilles. Mes investigations sur ce point n'ont pas été vaines, et je crois être parvenu à découvrir un appareil électrique rudimentaire.

Dans le Gymnote, j'ai signalé le mode de terminaison des nerfs, et je crois avoir définitivement arrêté, par une dissection minutieuse et attentive, les rapports et la situation des extrémités des grands et petits appareils.

J'ai, dans une description étendue, fait connaître d'une manière rigoureuse la disposition des aponévroses d'enveloppe à l'égard de ces mêmes appareils et les cloisons de séparation fournies par ces aponévroses.

J'ai attiré l'attention des observateurs sur les muscles qui me semblent destinés à l'appareil lui-même et qui me paraissent avoir pour but d'obéir à l'influence de la volonté et de jouer un grand rôle dans les commotions électriques.

Le tissu propre de l'appareil électrique du Gymnote m'a offert un grand intérêt, quant à l'arrangement et à la disposition de ses lames, qui représentent une sorte d'éventail.

Le Malaptérure électrique m'a fourni matière à des dissections intéressantes, d'où il ressort que le siége de son appareil est tout différent de celui qu'on lui attribue habituellement. Cet appareil est surtout remarquable par ses dimensions, puisqu'il semble, pour ainsi dire, occuper toute la surface du corps, à l'exception des lignes ventrales et dorsales.

Je ne terminerai pas sans remercier les personnes qui m'ont mis à même de faire des dissections nombreuses sur ces animaux si curieux, si singuliers et si rares dans nos climats.

Que la famille Brégaro, de Rio-Janeiro, que M. Zizinia, consul à Odessa, que M. Charles Wilkinson, peintre habile, que M. le Dr Vernois, médecin distingué des hôpitaux, qui a bien voulu m'aider dans quelques-unes de mes recherches, me permettent de leur offrir ici l'expression de ma vive reconnaissance.

S. E. le Maréchal Vaillant a bien voulu s'intéresser à mes travaux, et j'ai mis plus d'une fois son extrême obligeance à contribution; je suis heureux de trouver une occasion de lui témoigner très-haut toute ma gratitude.

DES

APPAREILS ÉLECTRIQUES

DES

POISSONS ÉLECTRIQUES.

CHAPITRE PREMIER.

DES POISSONS ÉLECTRIQUES EN GÉNÉRAL.

Aucun être vivant, si ce n'est un certain nombre de poissons, dont j'ai fait l'objet de ces recherches, ne présente dans son organisme un appareil propre à produire et à développer de l'électricité, et déterminer des commotions à la manière d'une batterie électrique.

La plupart de ces poissons appartiennent à la grande famille des *Raies*. Quelques-uns sont très-peu connus et le défaut des recherches anatomiques ne nous permet pas encore d'affirmer que l'épithète d'*électrique*, qui leur a été donnée par des naturalistes ou des voyageurs, leur soit parfaitement appropriée.

Ces poissons se trouvent les uns dans les eaux douces, les autres dans l'eau salée; les uns habitent les mers tempérées, les autres ne quittent pas la zone équatoriale. On n'en a pas rencontré jusqu'ici dans les latitudes voisines des pôles, comme si cette espèce de luxe organique ne pouvait exister que là où la vie générale de la nature pénètre la matière en plus grande

abondance et semble en quelque sorte accumulée avec plus de profusion.

J'ai étudié les appareils dont il s'agit sur un grand nombre d'individus appartenant à quatre espèces différentes, à savoir : les Torpilles, les Raies, les Malaptérures et les Gymnotes.

Linné ne connaissait qu'une seule espèce de poissons électriques, dont il a réuni les variétés sous le nom de *Raia Torpedo*.

M. Duméril, séparant les Torpilles des Raies, en a fait un genre particulier, *Hemera astrape* (Mull.), *Narcine* (Henle), qui forment avec le genre *Torpedo* de Duméril, la sous-famille des *Torpedini* (Torpédinées) de Charles-Lucien Bonaparte, prince de Canino.

Il est difficile de comprendre comment les anciens, qui connaissaient complétement la propriété étrange de la Torpille, qui vit dans les mers les plus fréquentées de l'empire romain, n'aient pas paru plus frappés par cette propriété si extraordinaire. Il n'est pas moins singulier que les anciens Égyptiens, qui embaumaient dans leurs catacombes tous les êtres vivants qui offraient quelques caractères remarquables et qui en gravaient la figure sur les monuments, n'aient pas mieux remarqué le Silure d'Afrique (*Silures electricus*, Lum., *Malaptérure électr.*, Lac.), qui vit abondamment dans les eaux du Nil (1).

« On trouve les Torpilles dans toute la Méditerranée et sur » les côtes de l'Océan d'Europe, jusque dans le golfe de Gascogne. Cette position géographique les a déjà fait connaître » des anciens, dont quelques médecins employaient leurs vertus électriques pour la guérison de certaines maladies, ainsi » que le prouve un passage de Scribonius Largus, médecin qui » vivait sous les empereurs du premier siècle. Il est assez sin-

(1) M. Isidore Geoffroy-Saint-Hilaire dit, mais sans en fournir de preuves, que le Silure était connu des anciens Égyptiens.

» gulier que la propriété si extraordinaire des Torpilles n'en
» ait pas fait graver la figure sur les médailles antiques, où
» plusieurs autres poissons sont parfaitement représentés, et
» entre autres la *Bastenague*, très-bien figurée sur des mé-
» dailles de la famille Proculeia. Ce poisson n'a été probable-
» ment signalé que pour prévenir des dangers qui suivent les
» blessures déchirées, causées par l'aiguillon de sa queue.
» Quant à la Torpille, on n'en connaissait alors que les com-
» motions causées par son contact; mais l'état des sciences phy-
» siques à cette époque n'était pas assez avancé pour rattacher
» à l'électricité les effets produits par ces piles vivantes, sous
» l'influence de l'action nerveuse et cérébrale. »

Un animal inconnu des anciens et non moins curieux que les précédents sous le rapport des remarquables dispositions de son appareil électrique, est le *Gymnote* ou *Anguille d'Amérique*, qui vit dans l'eau douce comme le *Silure d'Afrique*.

C'est en 1671 que l'astronome Richer l'a signalé pour la première fois, et c'est surtout aux travaux de l'illustre A. de Humboldt que nous devons ce que la science possède à cet égard.

Après ces trois groupes plus ou moins anciennement connus et plus ou moins complétement étudiés, et à côté de celui que présentent les *Raies*, sur lesquelles ont porté mes récentes études, on peut nommer encore un certain nombre de poissons électriques signalés par des observateurs, mais encore trop peu observés par les savants et les anatomistes.

Je citerai : 1° le *Titridon electricus*, sur lequel le lieutenant Paterson a écrit une lettre de Saint-Jean de Comors à sir Joseph Bank, qui la fit publier dans le recueil des *Transactions philosophiques* en 1786. Cet officier anglais rapporte qu'ayant placé ce poisson dans un sac de toile, éprouva des commotions telles, qu'il fut obligé de lâcher prise. L'appareil organique produisant ces effets n'a été ni recherché, ni étudié.

Mon ami M. le professeur Valenciennes, dont je citerai plusieurs fois le nom, donne les renseignements suivants sur divers autres poissons, supposés posséder des batteries électriques :

« On pourrait ajouter à ce nombre des poissons électriques » le *Purarque de Margrave* (*Rhinobatus electricus*, Bl. Schn.). » En effet, ses paroles sont très-positives; nous avons reçu » cependant plusieurs Rhinobates du Brésil : l'un d'eux res- » semble beaucoup à la figure de Margrave, et aucun obser- » vateur récent, que je sache, n'a ressenti l'effet de son appa- » reil galvanique.

» Ce sont les seuls poissons électriques connus; on ne » doit pas ranger parmi eux le *Trichiurus indicus* de Gmelin, » que Lacépède n'a pas hésité à nommer *Trichiurus electricus*. » Nous avons démontré (*Histoire naturelle des Poissons*, t. VIII, » chap. VII, p. 247) que ce prétendu Trichiure électrique » est établi sur une confusion difficile à débrouiller, qui » existe entre le texte de Nieuhoff et la figure qu'on y rap- » porte, et qui a été reproduite dans Willugby. Tout ce que » l'on peut conclure de ce texte, c'est que ce n'est pas d'un » Trichiure dont il s'agit; car on ne peut dire d'un poisson de » ce genre : *Anterior corporis pars tenuior, posterior duplo cras- » sior; dentes acutissimi, non tamen facile conspicui*. Ce dernier » trait montre également que Nieuhoff n'avait pas sous les yeux » un Trichiure, et que, par conséquent, la figure, qui est sans » aucun doute celle d'un Trichiure, ne se rapporte pas au » texte, puisque, sur ce dessin, la gueule est armée de » dents longues et pointues, très-faciles à voir. Il me paraît à » peu près certain qu'il n'existe pas de Trichiures électriques » dans les mers de l'Inde. Patrick Russel dit positivement que » les Trichiures vus par lui ne possèdent pas cette faculté. » Forskal, qui avait l'esprit éveillé sur l'électricité des pois- » sons, puisqu'il avait vu le Silure électrique du Nil, et qu'il

» avait comparé ses effets à ceux de la bouteille de Leyde, a » observé dans la mer Rouge des Trichiures, qu'il a désignés » sous le nom de *Clupea Chaumela*, et il ne parle pas de vertus » électriques chez ces poissons. J'ajouterai que les recherches » anatomiques que j'ai faites sur eux ne m'ont offert aucun » organe qui puisse être considéré comme comparable à ceux » des poissons électriques. »

La puissance électrique présente de très-grandes différences chez les divers poissons qui en sont doués. Toutes les espèces connues de la famille des Torpilles la présentent à un degré variable, et M. Valenciennes ne croit pas que les espèces qui vivent entre les tropiques soient plus énergiques que celles qui sortent de la zone intertropicale. « Tous les voyageurs citent, » dit-il, comme une des espèces qui donnent les secousses les » plus violentes, la Torpille du Cap (*Astrape Capensis*, Mul- » ler), tandis que M. de Humboldt a observé que la Torpille » qui lui fut apportée vivante à Cumana ne lui a donné que » des commotions très-faibles, quoique ce *Tremblador*, comme » cet illustre savant a soin de le noter, parût extrêmement » vif. »

Si l'on réfléchit, en effet, à la nature même de cette singulière manifestation vitale, on comprend qu'elle doit être essentiellement variable dans les degrés de son intensité, suivant les diverses circonstances.

Il en est de ce qui précède comme de la force musculaire qui varie à l'infini dans l'espèce humaine, suivant les races, les localités, les individus, les âges, les conditions de la santé, du moment. Ainsi il me semble que l'on ne peut pas admettre qu'un poisson pourvu d'un *appareil électrique* n'a pas le pouvoir de produire des effets électriques, parce que ces effets n'ont pas été encore constatés. Ainsi, à mon avis, ce qui caractérise essentiellement un *poisson électrique*, c'est l'existence dans son organisme d'un *appareil particulier* semblable par ses

dispositions à celui de la Torpille, ou des autres animaux électriques bien connus. Le meilleur et le plus rationnel des moyens de mesurer la puissance d'émission du fluide électrique, c'est d'examiner la texture, l'arrangement, la composition des pièces élémentaires, l'ensemble des parties qui constituent l'appareil, et surtout le volume de différents nerfs qui s'y rendent. C'est en partant de cette manière de voir que j'ai été conduit à reconnaître un appareil électrique dans les Raies, et à classer ces deux espèces au nombre des poissons électriques, dont je vais esquisser rapidement les caractères communs, avant d'entrer dans l'étude spéciale et détaillée des appareils électriques proprement dits.

Tous les poissons électriques présentent une forme physionomique plus ou moins semblable. Leurs yeux ont une expression particulière et remarquable, leur peau est lisse, douce et mince, et l'on observe à la surface de leur corps une multitude de pores qui livrent passage à une sécrétion plus ou moins onctueuse.

Tous me paraissent avoir un développement musculaire en rapport avec les dimensions de l'appareil électrique, quoique la commotion soit tout à fait distincte du phénomène de la contraction musculaire.

Tous enfin ont un appareil où se fabrique le fluide électrique.

Chez tous, la commotion électrique et sa puissance sont en rapport avec les dimensions de l'appareil et le nombre des nerfs qui s'y rendent.

L'appareil électrique, chez tous les poissons qui en sont pourvus, reçoit des nerfs qui n'ont aucun caractère particulier ou spécial et, en cela, le système nerveux de cet appareil n'est pas distinct du système nerveux général, quant à sa structure et à son origine.

Je dois observer encore que chez tous les poissons électri-

ques la batterie est toujours superficiellement placée et se rapproche plus ou moins des téguments ou de l'enveloppe cutanée, soit qu'elle siége près de la tête, soit qu'elle soit placée sur le tronc, comme chez le Gymnote, par exemple, dont on voit le long appareil se prolonger depuis la tête jusqu'à la queue.

Observons enfin que tous les appareils électriques se ressemblent par leur composition. Des membranes, des liquides, des aponévroses, des vaisseaux, des nerfs remarquables par leur volume et leur nombre, se rendent à cet étonnant appareil qui simule une pile artificielle.

CHAPITRE II.

DES APPAREILS ÉLECTRIQUES EN PARTICULIER.

D'après ce qui précède, l'anatomie est le meilleur moyen d'arriver à établir des distinctions rationnelles entre les poissons électriques, de connaître la structure intime et les fonctions aussi mystérieuses qu'étranges des appareils dont ces poissons sont pourvus. C'est par cette voie analytique, lente, difficile, mais sûre, que j'ai procédé à des études dont je vais maintenant rendre compte.

Dans l'exposition que j'ai à faire des divers appareils électriques en particulier, j'ai fait la description de l'appareil de la Torpille et j'ai dû naturellement placer après l'appareil que je crois avoir rencontré dans les autres genres de la grande famille des Raies dont la Torpille fait partie.

Il n'y avait pas de raison suffisante pour que je dusse faire l'histoire en premier lieu, après les Torpilles, plutôt du Gymnote que du Malaptérure électrique, puisque les familles des Anguillains et des Silures n'ont aucun rapport avec la grande famille des Raies.

Je me suis demandé s'il n'y aurait pas avantage à classer les appareils et à faire leur description d'après les différences qu'ils peuvent présenter, soit dans leur siége, soit dans leur structure; mais il m'a bientôt été démontré que cette classification était impossible, parce qu'ils sont tous complexes, et qu'aucun n'offre une structure simple.

J'aborderai donc l'étude de l'appareil électrique des Raies, puis indifféremment celle du Silure et du Gymnote.

APPAREIL ÉLECTRIQUE DE LA TORPILLE.

Quoique les naturalistes et les historiens de l'antiquité aient connu les facultés extraordinaires de la Torpille, le scalpel anatomique de notre âge, aidé des découvertes de la physique, pourra seul pénétrer le mystère de ces facultés.

Hippocrate (1), Platon, Aristote (2), Athénée, Théophraste, Pline (3), Plutarque, Appien, Dioscoride, Galien lui-même, et après lui Paul d'Égine, Avicenus, Aétius et d'autres, semblent avoir eu leur imagination absorbée dans la contemplation de cette merveille de certains organismes vivants.

C'est au dix-septième siècle, en 1671, que Redi (4) donna la première description anatomique de l'organe particulier de la Torpille; mais ce travail, nécessairement très-imparfait, quoique bien remarquable pour l'époque, ne peut servir que comme renseignement historique. Redi vit bien les colonnes prismatiques qui composent l'appareil; mais il les considéra comme des muscles qu'il appela *musculi falcati*, à cause de la ressemblance avec la lame d'une faux. Les commotions produites par l'animal n'étaient plus pour lui que le résultat de la contraction de ses muscles.

Lorenzini, élève de Redi, professait la même opinion en 1683 (5); Sténon figura l'appareil décrit par Redi, mais sans en donner de description spéciale, et dans son épître *de Anatome Rayæ* on ne retrouve rien sur cet objet.

---

(1) *Des Maladies internes.*

(2) *Histoire des Animaux*, liv. III, chap. XXXVII.

(3) *Histoire du Monde*, liv. XXXII, p. 6.

(4) *Esperienze intorno a diverse cose naturali.* Florence.

(5) *Osservazioni intorno alle Torpedini.*

Les recherches de quelques physiciens, et entre autres de Réaumur (*Mémoires de l'Académie des Sciences de Paris*, Observations sur la Torpille, 1714), sur les phénomènes présentés par la Torpille, réveillèrent l'attention des anatomistes; mais il s'écoula plus d'un siècle entre les recherches de Redi et celles de John Hunter, qui parurent en 1773.

John Hunter, dans les *Transactions philosophiques* pour l'année 1773, p. 485 (Mémoire avec planches), a décrit et figuré l'appareil de la Torpille. Certainement ce Mémoire très-remarquable a servi de texte à presque tous les auteurs qui ont ensuite écrit sur ce même sujet depuis le siècle dernier.

L'appareil électrique, quant à sa forme, sa position et ses rapports, y est décrit d'une manière générale et souvent inexacte. Hunter indique l'existence de deux feuillets aponévrotiques, l'un superficiel, l'autre profond, et qui envoie dans l'intérieur de l'organe une très-grande quantité de prolongements déliés et résistants. Il appelle les prismes des colonnes perpendiculaires dans lesquelles il signale des cloisons qui les divisent en plusieurs parties et horizontalement (*horizontal positions*). Il insiste beaucoup sur les *fibres* tendineuses qui passent transversalement et obliquement entre les colonnes et dont quelques-unes les entourent complétement. Chaque colonne, dit Hunter, est attachée à celle qui la suit par une fibre non élastique qui s'étend directement de l'une à l'autre (*directly passing from the one to the other*). La forme des colonnes est indiquée comme hexagonale, pentagonale et quadrangulaire. Dans la vraie Torpille, Hunter a compté jusqu'à 1182 colonnes.

C'est entre les espaces horizontaux contenus dans les colonnes que se trouve le liquide particulier qu'elles renferment. Les cloisons qui le supportent sont formées par de vraies membranes très-transparentes et à la fois très-vasculaires. Les

divisions artérielles lui ont paru analogues pour le nombre et la direction à celle des nerfs.

Après cette description, Hunter arrive aux nerfs ; il s'occupe de leur origine, de leur distribution.

Les nerfs qui pénètrent et se ramifient dans l'intérieur de l'organe électrique, viennent de trois très-larges troncs qui partent de la partie *latérale et postérieure* du cerveau. « Le pre-
» mier de ceux-ci, à l'instant où il commence sa marche,
» contourne le cartilage du crâne, et envoie quelques filets à
» la première branchie et à la partie antérieure de la tête ;
» alors il passe dans l'intérieur de l'organe, et se répand dans
» toute son *extrémité antérieure*.

» Le second tronc pénètre dans les ouïes entre la première
» et la deuxième ouverture, et, après avoir fourni une petite
» branche, il entre dans l'organe et occupe presque toute sa
» partie moyenne.

» Le troisième tronc se divise lui-même en deux branches
» qui pénètrent dans l'organe électrique à travers les ouïes,
» l'une entre la deuxième et la troisième ouverture, l'autre
» entre la troisième et la quatrième, et donne un petit filet à
» la branchie elle-même.

» Ces nerfs, une fois entrés dans l'organe, s'y ramifient dans
» toutes les directions entre les colonnes, et se divisent en
» filets déliés dans tous les points où ils se perdent. »

Ce travail ayant, comme je l'ai dit, servi de base à la plupart de ceux qui l'ont suivi jusqu'à nos jours, nous en résumons ainsi les points principaux :

1°. Description générale indiquée seulement.

2°. Description spéciale dans laquelle on considère l'appareil comme formé par des colonnes creuses et cloisonnées pleines d'un liquide. Ces cloisons sont constituées par les prolongements fibreux de l'aponévrose propre et immédiate qui entoure l'appareil. On y décrit des fibres tendineuses dont la

marche et les dispositions curieuses ont été bien vues ; seulement Hunter a été dans l'erreur sur leur nature. On y indique des vaisseaux artériels. Et quant aux nerfs, Hunter a eu soin d'indiquer leur origine, leur mode de distribution, et les fait terminer en se perdant dans l'appareil. Il a joint à son travail deux planches qui représentent la structure de l'appareil, l'origine et le mode de distribution des nerfs.

En 1774, Walsh donna le résumé des observations qu'il avait faites dans l'île de Ré, et, en les publiant dans un travail intitulé : *Of the electric Property of the Torpedo*, il a beaucoup contribué à jeter de l'éclat sur les derniers travaux de Hunter.

En 1777, Lacépède (*Histoire des Poissons*, t. II) publia la description de l'appareil de la Torpille. Cette Notice est fort incomplète, et ne fait que reproduire les idées de Hunter.

En 1782, Broussonnet (Académie des Sciences) et, en 1785, Alexandre Monro (*the Structure and Physiology of fishes*) ont rappelé quelques-uns de ces faits.

Guidon en 1792 (*Expériences sur la Torpille*) et Galvani en 1797 (*Lettre à Spallanzani*) reprirent le même sujet d'étude au point de vue de l'observation des phénomènes électriques. Ce fut M. Étienne Geoffroy-Saint-Hilaire qui, en 1804, dans le premier volume des *Annales du Muséum d'histoire naturelle* (ancienne série, p. 392), recommença les recherches anatomiques. Son but dans son travail fut moins de contrôler les faits annoncés par Hunter, que de rechercher dans les autres poissons électriques un organe analogue à celui de la Torpille. Il compare donc dans son Mémoire les organes nerveux spéciaux de la Raie-Torpille à ceux du Gymnote étourdissant et du Silure trembleur. Il ne sera donc pas surprenant de n'y pas rencontrer de fait anatomique nouveau. L'auteur a accepté presque sans contrôle toutes les idées de Hunter. On trouve cependant dans la description générale de l'aspect extérieur de l'appareil des détails et des observations qui avaient échappé à l'anato-

miste anglais. Quant aux colonnes prismatiques, il les indique comme étant des tubes remplis d'une substance que l'analyse chimique, dit-il, lui a appris être composée de gélatine et d'albumine. Déjà Lacépède avait annoncé le même résultat.

La texture des tubes, selon M. Geoffroy, est aponévrotique, et ils sont réunis entre eux par une espèce de réseau lâche formé de fibres tendineuses qui les *enveloppent* en tous sens. Enfin, ils sont recouverts et fermés par une lame aponévrotique, et la peau revêt ces premières enveloppes. Cet appareil est fourni de nerfs remarquables par leur grand volume. On en distingue *quatre troncs* principaux qui se distribuent entre tous les tubes, et qui finissent par y pénétrer et s'y épanouir.

Sauf le nombre des branches qui s'échappent du cerveau, et que J. Hunter ne portait qu'à trois, on voit que, quant à leur distribution et leur terminaison, M. Geoffroy a presque toujours reproduit les idées de son prédécesseur.

Nous devons ajouter cependant que M. Geoffroy a étendu son étude à la peau et à l'appareil glandulaire qui lui est sous-jacent chez les différents poissons qu'il examinait, et que, par une inadvertance que notre description ultérieure rendra plus évidente, il lui est arrivé d'écrire cette phrase : « Dans les Torpilles tous les tubes sont complétement fermés, non-seulement par la *peau* qui n'est perforée *en aucun endroit*, mais par des aponévroses. »

Pour M. Geoffroy, l'organe électrique de la Torpille est un véritable organe de toucher, analogue à celui de l'ouïe ou de la vue où les nerfs s'épanouissent, dit-il, comme dans ces organes au milieu d'un mucus gélatineux.

L'origine des nerfs dans le cerveau vient, d'après le même auteur, de la huitième paire.

En 1823, Jacopi (*Elementi di fisiologia e anotomia comparativa*) donna une description de ces organes.

En 1819, le *Dictionnaire d'histoire naturelle* publié par Deter-

ville inséra dans le t. XXXIV un abrégé de l'article de Lacépède.

En 1820, M. Hippolyte Cloquet, dans le grand *Dictionnaire des Sciences médicales*, t. XLIII, p. 654, à l'article *Poisson*, fit le résumé de nos connaissances sur la Torpille et sur l'anatomie de son organe électrique. On y retrouve la description des deux aponévroses de recouvrement, des tubes creux et cloisonnés remplis de matière muqueuse, l'admission de vaisseaux artériels et veineux très-abondants, la division excessive et l'épanouissement final des nerfs nés de la huitième paire; c'est la reproduction des idées de M. Geoffroy-Saint-Hilaire.

En 1832, John Davy (*Transactions philosophiques*, Ire partie) fit paraître sur les phénomènes électriques offerts par la Torpille de longs et intéressants Mémoires, et de plus il publia le résultat de l'examen microscopique d'une portion d'un tube prismatique avec une lentille d'un grossissement de cent diamètres. Il n'y reconnut aucune structure régulière, le tout lui parut formé d'une masse homogène traversée dans diverses directions par quelques fibres probablement nerveuses. Dans quelques autres circonstances, et après avoir plongé les organes électriques dans l'eau bouillante, il les a vus se contracter soudainement, et les alvéoles sont devenues circulaires d'hexagonales et de pentagonales qu'elles étaient auparavant. Dans des expériences qu'il fit à Rome, il a vu que les tubes étaient fibreux et lamellés (Becquerel, *Traité de l'Électricité*, t. IV, p. 269).

En 1834, Carus publia son *Traité d'Anatomie comparée*, traduit en 1835 par M. Jourdan. On y trouve (t. Ier, p. 392) les renseignements suivants sur l'organe électrique de la Torpille. La structure de cet appareil a, dit-il, la plus grande analogie avec la chair musculaire des poissons. Les organes électriques sont toujours composés d'un grand nombre de couches, de cel-

lules ou de colonnes, séparées par des parois aponévrotiques et contenant un liquide gélatineux assez épais. Une foule de nerfs (mais peu de vaisseaux sanguins) se distribuent aux cellules. Les nerfs sont extrêmement gros en proportion de la masse de l'organe, et ils appartiennent tant au trijumeau qu'à la paire vague, paires de nerfs qui offrent chez ces poissons un volume considérable auquel correspond aussi le développement de plusieurs renflements dans la troisième masse du cerveau.

L'organe électrique a des connexions avec les nageoires. Carus, sans ses *Tabulæ illustrantes* (cahier Ier, *Pl. II, fig.* 8, 9, 10) a donné des figures détaillées de l'organe électrique de la Torpille, et conformes aux idées qu'il en a conçues.

Sauf *l'origine des nerfs* destinés à l'appareil, on voit que Carus n'a pas fait avancer d'un pas l'anatomie particulière de l'organe électrique de la Torpille.

La science en était là, quand en 1836 M. Becquerel, dans son *Traité du Magnétisme et de l'Électricité* (t. IV, *loc. cit.*), rappela les recherches de J. Hunter, de M. E. Geoffroy-Saint-Hilaire, de J. Davy, et y joignit l'extrait des recherches inédites faites par M. Breschet; ces travaux tendent à établir les principales dispositions suivantes :

1°. Les corps prismés sont en contact l'un avec l'autre, au moyen d'un tissu intermédiaire, composé de cellules de plus en plus petites, dans lequel se trouve un tissu entièrement semblable à celui qui constitue les prismes.

2°. L'organe entier est enveloppé d'une membrane de nature fibreuse. Les cloisons fibreuses forment autant d'alvéoles semblables à celles d'un rayon de miel, et elles appartiennent à deux prismes à la fois.

3°. C'est aux points de réunion des cloisons, c'est-à-dire aux endroits où trois de ces cloisons se réunissent, que se trouvent placés les nerfs et les vaisseaux.

4°. Des filets nerveux traversent les cloisons au niveau des

angles, et se perdent dans les prismes qui ne sont pas de nature nerveuse. Si l'on fend la cloison longitudinalement, et qu'on la déjette sur les côtés de manière à mettre à nu une des faces du prisme, on voit sur cette face une foule de stries transversales liées entre elles par un tissu cellulaire extrêmement ténu et transparent. Tout est lié ensemble, tout forme une masse homogène et amorphe dans laquelle on ne distingue que des stries un peu plus opaques que le reste, et qu'on suppose être nerveuses.

5°. Le système muqueux de la Torpille consiste en plusieurs groupements de glandes distribuées particulièrement autour des organes électriques, à différentes profondeurs au-dessous de la peau, et en gros vaisseaux transparents s'ouvrant extérieurement dans la peau, afin de laisser s'écouler le mucus épais sécrété par les glandes et destiné à lubrifier la surface du corps.

Nous avons cité très-exactement et avec détail les opinions de Breschet, parce que sa position scientifique devait leur donner du poids et de l'autorité, et parce qu'aussi, comme on le verra bientôt, elles diffèrent essentiellement de nos propres recherches. On a pu remarquer du reste combien elles s'éloignent en quelques parties des idées de Hunter et de M. Geoffroy-Saint-Hilaire.

A ce travail de M. Breschet, M. Becquerel a joint dans son ouvrage deux planches représentant la disposition générale et l'état intérieur de l'appareil électrique de la Torpille. Il ne dit rien de l'origine des nerfs.

M. Valenciennes, dans les *Annales du Muséum d'histoire naturelle*, a repris de nouveau l'anatomie de l'appareil électrique de certains poissons; mais il s'est occupé surtout de celui du Silure, et n'a rien changé à ce que l'on connaissait avant lui sur la Torpille.

M. de Blainville, dans sa *Physiologie comparée*, a parlé égale-

ment de cet appareil remarquable. Il n'admet pas (cours publics) que les lobes électriques soient distincts du cervelet. M. de Blainville (p. 180 de l'ouvrage de M. Matteucci) a donné un tableau comparatif de la contraction musculaire et de la décharge électrique, d'après lequel il semble admettre la nécessité des trois éléments suivants :

1°. Substance *sui generis ;*

2°. Nerf proportionnel venant du cordon antérieur de la moelle ;

3°. Partie vasculaire proportionnelle.

M. Flourens n'a pas eu occasion d'examiner des Torpilles. Ce que M. Matteucci a appelé, d'après lui, lobe électrique n'est autre que le quatrième lobe ou lobe respiratoire.

A diverses reprises, M. Matteucci a communiqué à l'Académie des Sciences de curieuses recherches sur les phénomènes électriques de la Torpille, mais sans entrer dans aucun nouveau détail sur la structure de son appareil.

M. le professeur Gavarret, dans sa thèse de concours (*Lois générales de l'Électricité dynamique*, in-4, p. 92) a reproduit un court historique sur cette matière, et donné une description succincte de l'appareil de la Torpille. C'est un composé des idées de Hunter, de M. Geoffroy-Saint-Hilaire et surtout de Breschet.

Enfin, M. Paul Savi, à la suite de l'ouvrage de M. Matteucci (*Traité des Phénomènes électro-physiologiques des animaux*), a donné, dans ses études anatomiques sur le système nerveux et sur l'appareil électrique de la Torpille, des détails dont nous allons reproduire un abrégé succinct.

L'auteur, après avoir rappelé le nom de ceux qui avant lui se sont occupés des mêmes recherches, s'exprime ainsi sur la disposition générale de l'appareil :

« Ces organes se trouvent dans la partie antérieure de la
» Torpille. Ils résultent chacun d'un amas de prismes verti-
» caux, renfermés entre la peau du dos et celle du ventre.

» Des nerfs très-gros et très-nombreux de la cinquième paire
» et de la huitième, et des vaisseaux sanguins abondants, pénè-
» trent dans ces organes après avoir traversé les branchies, s'y
» ramifient dans tous les sens, et disparaissent entièrement,
» de manière que le système nerveux de l'organe n'a de con-
» nexion qu'avec lui-même et le cerveau, et le système vascu-
» laire qu'avec le cœur. Il n'existe avec les parties voisines
» que des rapports de contact et de situation. »

M. Savi pénètre ensuite dans la structure plus intime des organes électriques (p. 283). Ils sont revêtus, dit-il, tant supérieurement qu'inférieurement, d'un tégument commun semblable à celui qui recouvre toutes les autres parties du corps. En ôtant ce tégument, on voit une toile aponévrotique assez forte formée par des fibres entrelacées, laquelle s'attache aux parois de la cavité qui renferme l'organe. Chacune des petites colonnes qui composent l'appareil est renfermée dans une *cavité respective*, qui est formée aussi par un tissu aponévrotique semblable à celui dont les côtés supérieur et inférieur de l'organe sont revêtus, quoiqu'il soit bien plus fin et plus mince. La substance dont chaque colonne est composée ressemble au premier coup d'œil à une mucosité gélatineuse. Elle est *tremblotante*, d'un blanc cendré, diaphane, et paraît homogène lorsqu'on l'examine à l'œil nu; mais examinée au microscope, on voit aisément qu'elle résulte d'une infinité de membranes très-minces ou de diaphragmes placés les uns sur les autres, transversalement à l'axe de la petite colonne. Chacun de ces diaphragmes n'est réuni que par son bord aux diaphragmes contigus, c'est-à-dire au supérieur et à l'inférieur; et entre l'un et l'autre il existe une petite quantité d'humeur bien limpide, et tout à fait fluide, si on fait les observations sur des individus récemment tués.

La *tunique aponévrotique* de chaque prisme est formée, d'après M. Savi, par un grand nombre de filaments très-minces,

pleins à l'intérieur et plus minces que les fibres élémentaires nerveuses.

Viennent après cela de longs détails sur la constitution plus intime de ces tuniques, des colonnes et des prismes eux-mêmes détachés *avec force* de l'intérieur de la capsule où ils se trouvent renfermés; sur l'*adhérence considérable* que les divers prismes ont entre eux, etc. Mais M. Savi déclare lui-même que l'idée qu'il s'est formée de la structure de ces *enveloppes* se fonde sur des faits si *vagues* et si *décousus*, qu'il ose à peine l'exposer. Quoi qu'il en soit, dit l'auteur en terminant ces paragraphes, il est certain que chaque prisme a une tunique propre qui se sépare de la tunique du prisme voisin, puisque c'est entre les deux tuniques que les gros troncs nerveux cheminent, et que passent les ramifications vasculaires. Ces prismes sont retenus en place par les deux aponévroses supérieure et inférieure de recouvrement, et chacun d'eux maintient de la même manière les diaphragmes placés horizontalement dans leur hauteur. Quant à l'origine des nerfs, sans nous occuper ici du point spécial de départ dans l'intérieur de la masse cérébrale, M. Savi les fait naître, les uns (la branche qui se distribue à la partie antérieure de l'appareil) du lobe latéral du cervelet (troisième masse encéphalique de Carus) où se trouve la racine supérieure du nerf de la cinquième paire. Il admet aussi que quelques autres racines de ce même nerf viennent de la moelle allongée, avec *trois autres troncs bien distincts*. Ceux-ci prennent leur origine dans les lobes électriques, qui pour lui, comme pour Jacopsi, sont constitués par un renflement spinal de substance cendrée placée entre le cervelet et la moelle allongée, dans le sinus rhomboïdal : ce sont les nerfs de la huitième paire. M. Flourens les a appelés *nerfs respiratoires;* M. Delle Chiaze, à cause de leur couleur, *lobò pagliarino* (lobe couleur de paille); mais cet auteur n'admettait pas ses relations avec l'origine des nerfs électriques.

M. Savi présente alors une description assez exacte de ces renflements ou lobes électriques dans leurs rapports et dans leur structure. Il les a vus, au microscope, composés d'une matière gélatineuse analogue à *la substance grise amorphe* que M. Mandl a décrite dans la substance corticale du cerveau. En dernière analyse, il y a retrouvé des globules semblables aux globules ganglionnaires découverts par Ehrenberg, et observé que toutes les fibres rectilignes ou à anses se terminaient toutes en *anses* dans l'intérieur des lobes électriques.

M. Savi décrit avec soin toute la partie qui a trait à l'arrangement des racines de la huitième paire. Si, dit-il, on fait une section verticale et transverse de la moelle allongée, au point où les nerfs de la huitième paire semblent en sortir ou y pénétrer, on voit que les racines ne s'avancent pas dans la moelle allongée, mais traversent la pyramide latérale, passent au-dessous des pyramides postérieures, et pénètrent dans les lobes électriques où elles rayonnent de toutes parts. M. Savi admet cependant aussi qu'un certain nombre de fibres partent du fond du sinus rhomboïdal pour aller se rendre dans les lobes électriques; et c'est dans l'intérieur de ces mêmes organes que M. Savi a vu la branche de la cinquième paire qui se distribue à la partie antérieure de l'appareil électrique venir prendre son origine, tandis que les autres racines de ce nerf qui ne vont pas à l'organe ont leur source dans les lobes latéraux du cervelet.

Ainsi donc, pour nous résumer sur ce point capital, la Torpille aurait un *renflement nerveux* spécial placé après le cervelet au-dessus de la moelle allongée. Ce renflement aurait reçu le nom de *lobe électrique*. De là sortiraient : 1° une racine du nerf de la cinquième paire; 2° trois gros troncs nerveux appartenant à la huitième paire et destinés tous à aller se répandre et s'irradier dans l'appareil électrique.

Avant d'aller plus loin, nous ferons observer que M. de Blainville, dans ses cours, n'admet pas comme distinct du cer-

velet le prétendu cinquième lobe ou cinquième masse cérébrale déjà décrite par M. Matteucci, et que M. Savi a mieux décrit aujourd'hui que ses prédécesseurs. On ne sera pas surpris cependant de retrouver cette distinction dans un ouvrage anatomique destiné à démontrer par les faits la théorie électrique de M. Matteucci.

M. Savi passe ensuite à l'étude des nerfs encéphaliques; nous n'avons à nous occuper que de la cinquième paire et de la huitième. La cinquième se compose de deux parties : l'une, exclusive à la Torpille, très-volumineuse, se distribue à la partie antérieure de l'appareil; l'autre forme la partie normale de la cinquième paire. Ces deux portions *paraissent se confondre* à leur sortie du crâne. Ce sont les filets venus de la portion dite normale de la cinquième paire qui vont se distribuer à la masse des *follicules muqueux* placés au-devant du crâne, et qui par d'autres ramifications vont former ce que l'auteur appelle les *follicules nerveux* (de la première, deuxième, troisième série) placés sur les côtés des narines.

M. Savi divise la première branche nerveuse qui va à la partie antérieure de l'organe électrique en deux faisceaux, l'un *antérieur* qui va aux organes de la partie antérieure du museau, le deuxième *postérieur* qui parcourt le sommet de l'organe parallèlement à l'axe du corps.

Il ne mentionne aucune anastomose particulière.

La huitième paire (nerf vague) à sa sortie du crâne se divise en six troncs principaux. Les quatre premiers vont à l'organe électrique et s'y ramifient; la cinquième se rend à l'estomac. M. Savi décrit à la surface de la huitième paire une série de renflements ganglionnaires. Il ne parle pas du névrilemme, ni de la manière dont les filets qui constituent ces nerfs sont distribués à l'intérieur du névrilemme lui-même.

La différence capitale que M. Savi cherche à établir entre les différentes racines du nerf vague qui vont, soit aux organes

électriques, soit à d'autres parties environnantes, c'est que les branches électriques sont seules privées de renflements ganglionnaires. Le passage des troncs des nerfs au travers des trous branchiaux est analogue à la description qu'en avait déjà donnée Hunter.

Le sixième tronc du nerf vague constitue le nerf *récurrent* qui parcourt le dos et la queue dans toute leur longueur.

La conséquence capitale de toutes ces observations tend à prouver que les nerfs électriques dépourvus extérieurement de ganglions vont aboutir aux lobes spéciaux, qui ne sont eux-mêmes qu'un ganglion central.

Arrivons au mode de distribution et de terminaison des nerfs dans l'appareil. Ils y pénètrent entre les prismes, se resserrant dans le sens vertical sous la forme d'un ruban, de manière à distribuer leurs fibres sur et sous les diaphragmes dont les prismes sont composés. M. Savi avance qu'il a été impossible de découvrir comment les filaments nerveux paraissent sur chacun des diaphragmes. Mais il a vu très-nettement, dit-il, qu'il n'y a pas un seul faisceau nerveux qui pénètre le prisme, et que ce sont seulement les fibres élémentaires de ces nerfs qui s'y distribuent. Pour étudier cette distribution, il place *un diaphragme isolé sous le microscope, et alors il remarque la division en forme de mailles*. Ces fibres se détachent du faisceau à angle droit. Elles se ramifient en se bifurquant toujours. Ces mailles, habituellement hexagones, n'ont pas tous leurs côtés égaux.

Selon M. Savi, les mailles nerveuses seraient comprises entre deux membranes constituant par leur réunion un diaphragme.

Quant à savoir comment les fibres centrifuges deviennent centripètes, M. Savi déclare que les difficultés qui se sont présentées dans l'étude de ce sujet *ne lui permettent de publier que des résultats qui ne sont pas suffisamment prouvés par l'observation*. Il croit en dernière analyse que si quelques faits lui semblent

devoir faire admettre la terminaison périphérique des nerfs, il n'y a pas de raison cependant pour que, dans un organe spécial, les nerfs n'y aient aussi une terminaison particulière. Telle est la conclusion de M. Savi sur le point capital de l'anatomie de l'appareil électrique.

M. Savi décrit encore des ramifications vasculaires très-apparentes, soit à l'œil, soit par des injections colorées, à la surface des diaphragmes. Sur toutes les coupes de l'organe on aperçoit, dit-il, un grand nombre de vaisseaux capillaires qui se croisent dans toutes les directions, d'où l'on doit conclure que la quantité qui se distribue à l'organe est immense.

M. Savi termine son travail par la description des organes mucipares placés à la partie antérieure du museau et des narines. Cette étude est très-complète; mais elle n'a pas de rapport direct avec l'appareil électrique, puisqu'on retrouve ces organes dans les Raies et les Squales, où n'existe pas l'appareil dont nous nous occupons. (Des planches exposent ces principales idées.)

M. Matteucci a ajouté à la fin de ces études anatomiques une Note qui résume, en quelques lignes, les faits anatomiques découverts par M. Savi. Il insiste surtout sur la composition des prismes dont la base élémentaire serait une cellule remplie d'une solution d'albumine, et sur les parois de laquelle se répandraient des vaisseaux et des nerfs. Il signale aussi la découverte de la terminaison en *anses* des ramifications nerveuses dans le lobe électrique et dans les organes élémentaires de l'appareil. Nous dirons qu'il est impossible d'arriver à cette conclusion après la lecture du travail de M. Savi, et que ses recherches sont tellement *hypothétiques*, que, s'il a pressenti que la théorie avait besoin de cet arrangement des fibres pour ses explications, il ne l'a pas vu sur les organes eux-mêmes; c'est ce qu'il sera facile de concevoir, quand on connaîtra nos recherches.

Quant enfin à la question de la découverte, l'ouvrage de M. Savi a paru le 24 janvier 1844, et nous avions déposé à l'Institut, le 6 janvier 1844, un paquet cacheté qui contenait l'indication de la terminaison en *anses*.

Pour faire la part de cet anatomiste, nous résumerons ainsi son travail.

Origines des nerfs électriques dans les lobes électriques. (Déjà Hunter, Carus et M. Flourens les avaient indiquées.)

Ils viennent de la cinquième paire et de la huitième. (Presque tous les auteurs ont parlé de la huitième et Carus a signalé la cinquième.)

Le nombre des branches est celui de Hunter, qui les avait déjà figurées.

Disposition de l'appareil en colonnes prismatiques, séparées par des diaphragmes remplis d'un liquide gélatineux et formés par divisions spéciales aponévrotiques. (Tous les auteurs, depuis Hunter, ont répété ces allégations.)

Seulement M. Savi ne dit pas positivement que les parois des prismes soient un prolongement de la face interne de l'aponévrose de recouvrement; et quant aux diaphragmes déjà admis par Hunter, il n'a fait qu'en multiplier le nombre.

A l'exemple encore de tous ceux qui l'ont précédé, il décrit des vaisseaux abondants dans l'appareil.

Il n'y a donc de véritablement nouveau que ses recherches sur l'origine contestable des filets dans l'intérieur de la substance des lobes et la description qu'il donne de leur terminaison dans l'appareil.

Enfin, M. Matteucci (p. 170, *loc. cit.*) s'exprime ainsi sur le point du cerveau d'où partent les nerfs : « Ce dernier lobe du cerveau, qu'on peut regarder comme un renflement de la moelle allongée de laquelle partent les nerfs qui vont à l'organe....; il l'appelle *lobe électrique*. »

J'ai très-longuement insisté sur les travaux de mes devan-

ciers, mais j'ai cru nécessaire d'établir cette sorte d'inventaire de ce que possède la science sur ce point spécial et curieux d'anatomie, et il m'a paru d'ailleurs intéressant et utile de réunir ensemble des travaux aussi épars, et dont les auteurs appartiennent à des époques et à des pays si différents.

Ces renseignements me permettront d'ailleurs d'être plus bref dans l'exposé de mes propres recherches.

Je crois devoir procéder à la description de l'appareil en faisant connaître les téguments qui le recouvrent et les conduits excréteurs qui s'y rattachent.

Peau. — La peau qui recouvre l'appareil électrique de la Torpille est la continuation de celle qui s'étend à toute la surface du corps de l'animal. Elle est recouverte par un enduit muqueux qui s'échappe continuellement d'un assez grand nombre d'ouvertures placées irrégulièrement sur le dos et sur le ventre du poisson, mais avec beaucoup plus d'ordre et de suite le long du bord externe du cartilage semi-lunaire qui limite en dehors l'appareil électrique.

La peau s'enlève assez facilement; elle est unie aux parties sous-jacentes par un tissu cellulaire lâche et filamenteux, et par des conduits nombreux qui, partis de canaux plus considérables, vont s'aboucher à la surface de la peau. On pourrait de prime abord les confondre avec des filaments du tissu cellulaire condensé; mais l'attention la plus légère suffit pour éviter l'erreur. Sur les bords du cartilage, au niveau de l'appareil électrique et surtout vers le museau, la peau nous a semblé plus adhérente et réunie dans ces points par une série de fibres tendineuses plus résistantes. C'est entre la face inférieure de la peau et la supérieure des organes sous-jacents que sont placés les canaux excréteurs des nombreuses glandes dont nous parlerons bientôt.

Glandes et conduits mucifères. — Cet appareil est très-déve-

loppé chez les Torpilles. On peut le diviser en deux parties principales : l'une constituée par un amas considérable de follicules, placée au-devant du museau de chaque côté des narines, et formant au sommet du corps une séparation très-marquée entre les deux organes électriques ; la seconde développée sur tout l'arc circulaire externe qui protége au dehors l'appareil électrique et dont les éléments, non plus agglomérés, sont répandus et disséminés sous la forme de nombreux cryptes muqueux qui, par un petit conduit, viennent se rendre dans le canal principal. La structure de ces glandes est celle de tous les organes de cette nature. Il en part des ramifications multipliées qui, pour le premier groupe central au-devant du museau, forment des conduits assez apparents, et qui ne tardent pas, après un court trajet, à s'ouvrir au dehors par les orifices que nous avons signalés sur la peau. Les moyens d'écoulement sont plus travaillés pour la deuxième partie des organes glandulaires situés latéralement. Il existe deux grands conduits semi-lunaires : l'un profond, placé dans un sillon dont les parois sont formées par la face interne du cartilage circulaire en dehors, en dedans par le côté le plus externe de l'appareil électrique ; le second, appliqué sous la peau, est un peu plus en dedans du premier, et tous deux parallèles dans leur direction. De ces deux conduits principaux partent des divisions, qui vont se rendre à la surface de la peau. Quelques-unes des divisions du conduit profond vont se rendre au conduit plus superficiel ; d'autres gagnent directement la peau. C'est du canal tout à fait sous-jacent à la peau que part le plus grand nombre de ramifications, tant à droite qu'à gauche, de manière à lui donner l'aspect d'une tige d'où partirait de chaque côté un grand nombre de tigelles similaires. Il existe parfois des anastomoses très-singulières entre les ramifications des deux conduits, ou des dispositions, des divisions isolées de l'un d'eux sous la forme d'une anse ou maille complète. Nous avons remarqué que

les conduits, masse blanchâtre, recouverte par une membrane spéciale, ont la forme à peu près d'un *gros haricot*. C'est un ellipsoïde imparfait, dont la grande circonférence est extérieure et qui présente en dedans un point de retrait ou une échancrure destinée à loger les cartilages branchiaux. Redi avait déjà comparé cette forme à la lame d'une faux. Cette masse épaisse et blanchâtre est retenue en place et protégée en dehors par un arc cartilagineux qui, parti du côté du crâne, s'étend circulairement vers son côté externe et va se rejoindre avec la partie inférieure du corps de l'animal; en dedans elle est en rapport, en haut avec les côtés du crâne, plus bas avec les branchies, et à sa partie inférieure avec les organes digestifs; mais elle est séparée de tous ces points par des cartilages résistants, de manière à être comprise dans un espace tout à fait spécial et distinct. Les parties qui les unissent aux organes voisins sont les troncs nerveux qui s'y rendent, les adhérences membraneuses périphériques de son enveloppe, et les anastomoses qui s'en échappent pour se rendre aux parties qui l'entourent.

Membrane qui recouvre l'appareil. — Cette membrane, que j'appellerai *séro-albuginée*, à cause de sa structure, et *prismagénique*, à cause des fonctions que je lui suppose, est une des parties les plus importantes à considérer dans l'étude de l'appareil électrique de la Torpille.

Cette membrane, au-dessous de laquelle on voit la forme aréolaire de l'organe, est fine, transparente, assez résistante et formée de fibres entre-croisées; elle est lisse en dehors, onctueuse en dedans et adhérente au pourtour de l'espace dont nous avons donné les limites. Il n'y a point de tissu cellulaire entre elle et la substance qui constitue l'organe. Elle tient à lui par ses dispositions anatomiques naturelles, par une saillie admise dans une cavité. On voit à la face interne un grand nombre de cellules polygonales dont les arêtes forment des reliefs peu

saillants. Cette espèce d'imbrication contribue sans doute à fixer l'un à l'autre l'organe et la membrane de recouvrement. Cette membrane, que nous ne nommerons point une *aponévrose*, n'envoie aucun prolongement, de quelque nature qu'il soit, dans l'intérieur de la substance sous-jacente. Quelques vaisseaux sanguins rampent à l'extérieur seulement.

Si l'on examine avec soin le fond de chaque loge polygonale, on voit qu'il est comme villeux et chargé d'une substance albumineuse et visqueuse. C'est une face qui a de l'analogie pour ses fonctions avec la matrice de l'ongle. Voilà pourquoi les loges sont toutes formées à la face interne de cette membrane : c'est, en un mot, un organe de sécrétion.

Cette membrane est composée de deux portions distinctes, une dorsale et une ventrale. Toutes deux sont organisées de la même manière, retenues vers le museau et attachées au cartilage semi-lunaire par une série de petits tendons résistants; c'est dans l'espace compris entre elles qu'est située la substance de l'appareil électrique.

Organe électrique. — Dès qu'on a enlevé la membrane propre de l'appareil électrique, on aperçoit une substance blanchâtre, molle, presque pulpeuse, et dont l'aspect reproduit cette série d'aréoles polygonales, dont l'empreinte, ou mieux l'image, était fixée à la face inférieure de la membrane de recouvrement.

Tout l'espace compris entre les membranes inférieure et supérieure est occupé par une masse d'apparence homogène; elle est formée par la réunion d'un grand nombre de petites colonnes prismatiques *solides*. Ces colonnes sont simplement accolées, et si l'on excepte les gros troncs nerveux et leurs ramifications déliées, il n'existe entre elles ni tissu cellulaire, ni filament tendineux ou aponévrotique, ni liquide gélatineux ou muqueux épanché dans leur intervalle.

Ces petits corps sont maintenus les uns contre les autres à l'aide de leur pression latérale réciproque, du soutien perpendiculaire qui leur est offert par les membranes, et de l'espèce d'insertion qui a lieu aux extrémités des prismes, dans la loge polygonale creusée à la face interne de ces membranes.

Cette masse blanchâtre étant ellipsoïde, son plus grand diamètre parallèle à l'axe du corps de l'animal et convexe sur ces deux faces, il en résulte que la hauteur des colonnes prismatiques qui la composent est variable, que leur maximum est au centre et leur minimum aux extrémités périphériques. Cette remarque a, du reste, été faite par tous les auteurs.

Jusqu'ici l'on avait considéré les prismes, soit comme des colonnes creuses remplies d'un liquide particulier, soit comme des prismes divisés par des diaphragmes transversaux laissant entre eux un espace également rempli par un liquide spécial. Voici ce que l'observation nous a permis de constater : ces colonnes prismatiques solides sont constituées par des granulations égales entre elles et superposées de manière à simuler au premier coup d'œil une colonne d'une seule pièce. La face supérieure de la première granulation et la face inférieure de la dernière d'une colonne sont convexes et immédiatement accolées à la partie interne de la loge polygonale placée sur la membrane de recouvrement.

Toutes les autres granulations ont leur face supérieure concave et l'inférieure convexe, de façon à pouvoir être successivement reçues les unes dans les autres. Leur mode d'union sans tissu cellulaire intermédiaire est celui de la membrane avec la surface des colonnes prismées, de ces colonnes entre elles et ces filets nerveux qui les entourent.

Les colonnes centrales contiennent environ dix à douze de ces granulations qui n'ont pas plus que les prismes de membrane ou d'enveloppe particulière. Elles sont pleines ou solides, et ne contiennent aucun liquide. Quand on les écrase, tout se

résout en une substance d'apparence mucoso-gélatineuse, ou albumineuse, uniforme, sans débris de membrane; tout ce qu'on peut apercevoir, et ce qui n'est pas constant, c'est que la portion la plus externe de cette matière est un peu plus condensée que celle qui est placée à son centre.

Il n'existe aucun liquide épanché, soit entre les prismes, soit entre les granulations qui les composent. Toute la masse a seulement un degré plus ou moins grand d'humidité, qui semble n'être là qu'un phénomène d'endosmose et d'exosmose générale, et qui s'opère entre toutes les parties à la fois de l'appareil et la membrane qui l'entoure.

On n'aperçoit dans l'appareil électrique que des traces de vaisseaux sanguins. Les parties qui s'y divisent et s'y ramifient sont surtout les nerfs qui en constituent la trame, le squelette, et dans les divisions infinies duquel sont suspendues les granulations.

Avant d'étudier la marche et la distribution particulière des nerfs dans l'appareil électrique, nous allons de suite nous occuper de leur origine, de leur point précis de départ, et de là nous redescendrons avec eux dans le point que nous quittons maintenant.

Origine des nerfs. — Le cerveau étant mis à nu par sa face supérieure, on aperçoit quatre lobes ainsi disposés : les deux antérieurs, d'un volume à peu près égal, le premier cependant plus volumineux que le second; le troisième beaucoup plus petit dans ses deux diamètres, et comme surajouté à la surface, de manière à s'étendre à la fois sur la partie postérieure du deuxième et la partie antérieure du quatrième; enfin un quatrième, le plus développé et formé extérieurement de substance grise, ce qui contraste manifestement avec la couleur blanche des nerfs qui sortent de la masse nerveuse encéphalique. Ce quatrième lobe est-il un lobe cérébral distinct? une

dépendance du cervelet? comme le veut M. de Blainville; un lobe à part, et qu'on devrait appeler *lobe respiratoire?* selon M. Flourens; un simple renflement de la moelle allongée? ainsi que le professent Carus, MM. Matteucci et Savi.

Si l'on se borne à observer superficiellement, et si l'on ne dérange rien à la disposition extérieure que présentent les objets après l'enlèvement des enveloppes solides du cerveau, il semble évident que la plupart des branches nerveuses qui se rendent à l'appareil électrique sortent de cette quatrième masse cérébrale que nous venons d'indiquer.

Tous les observateurs modernes ont borné là leurs recherches. Cependant déjà Hunter avait été plus loin que l'apparence extérieure. Si l'on détache le cerveau et la moelle allongée, et que l'on examine les parties du dessous en dessus et du dehors en dedans, en écartant et soulevant le quatrième lobe, on s'aperçoit qu'il existe sur la partie inférieure et latérale du cerveau un sillon oblique formé de substance blanche. Le quatrième lobe, au contraire, est formé de substance grise.

Quoi qu'il en soit de la pénétration des racines de cette substance blanche, et de la composition elle-même du lobe, il est facile, après avoir signalé la bande blanche inférieure, latérale et adjacente à la moelle, de décrire l'origine et le mode d'arrangement des nerfs à l'instant où ils s'isolent du sillon dont nous avons parlé.

C'est sur la ligne courbe qui borde le côté externe et inférieur au quatrième lobe, qu'on voit naître les troncs nerveux qui nous occupent ici. Ils ont déjà, dans l'intérieur du crâne, la direction oblique qu'ils auront plus tard dans l'appareil. Au premier coup d'œil, et d'une manière générale, on peut dire qu'il existe deux troncs principaux : l'un antérieur plus petit, l'autre postérieur plus volumineux, dirigés en sens inverse, et qui s'échappent du sillon dont nous avons déterminé la position.

Le tronc antérieur se divise en trois branches, dont les deux supérieures sont destinées à la partie antérieure de l'appareil, et montent vers lui dans le sens vertical; la troisième se dirige vers la partie moyenne et est croisée dans sa direction par le passage des deux antérieures qui s'avancent au-dessus d'elle. Ces deux dernières branches se croisent elles-mêmes un peu dès le début de leur marche.

Le tronc postérieur, très-volumineux, se divise en trois grosses branches, mais après un court trajet seulement, pendant lequel elles sont toutes trois réunies de manière à ne former qu'une seule branche. Elles sont destinées à la partie inférieure de l'appareil; la première branche supérieure cependant, par ses rameaux supérieurs, se distribue aussi à la partie moyenne de l'appareil.

Les troncs des nerfs à leur origine sont revêtus d'un névrilemme qu'on peut suivre jusqu'à leur entrée dans l'organe. Ils sont aussi, tous, dès leur sortie d'un sillon blanc, divisés en filets isolés les uns des autres, et très-distincts; l'enveloppe commune du névrilemme les retient réunis et accolés en faisceaux. Toutes ces fibres demeurent parallèles dans un trajet assez long et cessent de le devenir à l'instant où le nerf se divise en branches de directions différentes. Chacune de ces branches sort du crâne par un trou isolé.

Marche et division des nerfs dans l'intérieur de l'appareil électrique. — Nous avons déjà parlé du nombre de branches qui s'échappent du sillon oblique de substance blanche placée latéralement au-dessous du quatrième lobe; nous avons indiqué leurs divisions primitives et la direction qu'elles prennent dès leur origine; il en résulte que deux troncs principaux, l'un antérieur, l'autre postérieur, sont chargés de la fonction dévolue à l'appareil électrique. Le tronc antérieur ou supérieur se divise en trois branches: la première, qui s'en détache

rapidement, n'entre pas dans l'organe, mais elle lui appartient certainement à cause des nombreuses anastomoses qu'elle a avec les nerfs propres de l'appareil. Elle s'avance directement en haut, et ne tarde pas à contourner le grand arc cartilagineux qui protége en dehors l'organe électrique. Dans sa route, elle envoie plusieurs filets aux organes voisins : d'abord aux organes mucifères placés au-devant du museau, puis aux glandes mucipares logées le long du canal sous-cutané, aux muscles extérieurs situés tout à fait en dehors et destinés à mouvoir l'arc cartilagineux qu'elle accompagne. Mais les filets les plus importants qu'elle fournit sont ceux qui retournent vers l'intérieur de l'appareil, pénètrent au travers de la membrane de recouvrement et vont s'anastomoser directement avec les filets ultimes et très-déliés venus des dernières divisions des branches propres de l'appareil lui-même. Nous avons, sur nos préparations, conservé plusieurs points où cette disposition peut être parfaitement aperçue. Nous reviendrons bientôt sur la forme elle-même de l'anastomose.

Les deux autres branches du tronc antérieur pénètrent ensuite, après un court trajet oblique de haut en bas, dans l'organe, presque perpendiculairement à son axe transversal. La première se divise en deux faisceaux destinés à la partie supérieure, et la deuxième va directement à la partie moyenne de l'appareil.

Le tronc postérieur ou inférieur se sépare en trois branches volumineuses, dont la supérieure envoie des rameaux à la partie moyenne et concourt en partie, ainsi que les deux dernières branches, à animer la portion inférieure de l'organe.

Tous ces troncs, dont les fibres sont parfaitement isolées et accolées, pénètrent entre les colonnes prismatiques de manière à former, relativement à elles, des lobes ou des lobules qu'elles comprennent entre leurs divisions. Généralement les faisceaux principaux, avant d'avoir fourni la division principale, parcou-

rent entre les prismes un trajet assez étendu. Les fibres qui se répandent entre les colonnes placées vers leur entrée dans l'appareil sont des fibres venues de divisions plus avancées, ou quelquefois de filets directs détachés à droite et à gauche, et qui, retournant contre leur direction primitive, vont s'anastomoser avec les filets voisins.

Quoi qu'il en soit, il est facile de suivre ces branches nerveuses dans l'intérieur de l'appareil; quelques rameaux volumineux arrivent parfois, soit à l'extrémité périphérique des colonnes prismatiques, soit à l'une des deux surfaces et dans des points différents de leur étendue. La simple pression du doigt suffit pour écarter les prismes et suivre leur trajet dans leurs divisions les plus délicates. C'est alors qu'on peut apercevoir une disposition déjà grossièrement, mais exactement entrevue par Hunter, c'est-à-dire la distribution des filets autour des colonnes et de chacun des éléments qui la composent. Ce que Hunter a décrit sous le nom de *fibres tendineuses* qui contournent les colonnes, n'est évidemment que la série des divisions extrêmes du système nerveux. Les faisceaux ne tardent pas à se subdiviser d'abord dans un ordre dichotomique, puis en filets dont les rapports successifs et immédiats ne permettent plus que de comparer leur trame ultime aux mailles d'un réseau immense qui forme le squelette profond et intime de tout l'appareil. Voici ce qu'on observe en suivant la marche d'un filet isolé arrivé près d'une des granulations d'une petite colonne, il se divise, et alors les deux petites divisions nerveuses secondaires la contournent complétement pour se réunir et constituer une anse qui est liée tout autour d'elle à des anses ou mailles de la même forme et de la même nature. Quelquefois il y a plusieurs granulations entre les bras de cette anse nerveuse; d'autrefois une seule granulation bouche ou occupe l'aire de l'anse. Il y a donc aux extrémités des divisions de ces nerfs un réseau à mailles polygonales dans lequel sont comme suspendues, sous

forme de grains infiniment nombreux, toutes les granulations isolées dont la réunion constitue un volume prismatique.

Une excitation produite à l'origine d'un des troncs principaux qui pénètrent dans l'appareil, doit donc retentir immédiatement sur tous les points de ses divisions ultimes, car toutes sont liées, sont unies invinciblement. C'est aux extrémités périphériques de l'organe que les filets appartenant en propre à l'appareil viennent s'anastomoser avec les filets partis de la branche circulaire externe. Cette anastomose s'opère là, comme dans l'intérieur de l'appareil, par une anse circulaire complète et comparable à celle qui a lieu chez le même animal pour les deux nerfs optiques à leur origine.

C'est par les filets de *retour* que les colonnes situées autour du point d'émergence des nerfs sont animées et soutenues. Si l'on songe que Hunter a compté jusqu'à cinq cents colonnes prismatiques dans la Torpille adulte, et que, terme moyen, on peut admettre dix granulations par colonnette, on aurait cinq mille anastomoses ou mailles entre lesquelles seraient les granulations.

Mes recherches m'ont démontré une immense quantité de mailles, mais je n'ai pu en préciser le nombre.

D'après cette disposition bien différente de celle qu'ont indiquée tous les auteurs, il est évident que les nerfs ne se perdent pas dans l'organe, ni dans une substance gélatineuse ou albumineuse. Il est surtout certain que la base élémentaire de l'organe n'est pas constituée par une vésicule pleine d'un liquide alcalin, à la surface de laquelle rampent un vaisseau sanguin et une division nerveuse ; car l'observation n'a pu nous démontrer l'existence de rien d'analogue.

Les nerfs, dans l'appareil électrique de la Torpille, ne paraissent donc pas avoir à proprement parler de terminaison ; ils sembleraient former un cercle dont les anses périphériques extrêmes se chargeraient de ramener au tronc primitif le cou-

rant qui les a parcourues et qui retournerait à son origine. Les faits anatomiques que nous venons de constater seraient une des preuves les plus confirmatives des idées émises par MM. Prévost et Dumas. La granulation albumineuse joue ici le rôle de la fibre élémentaire des muscles.

L'existence des vaisseaux, telle qu'elle a été indiquée par tous les auteurs qui se sont du reste, depuis Hunter, répétés les uns après les autres, nous a paru tout à fait hypothétique, et admise seulement pour les besoins de cette théorie qui veut que les fonctions nerveuses et circulatoires soient toujours liées entre elles par une même égalité, par une même énergie de fonctions.

Après l'exposé des faits qui précèdent, on doit nécessairement se demander quelles sont les conséquences physiologiques qui en découlent. Si l'anatomie que nous venons de donner de l'organe électrique de la Torpille ne différait que sur quelques points peu importants de celle que nous ont transmise nos prédécesseurs, on pourrait lui appliquer les mêmes théories électriques et en tirer les mêmes déductions finales. Mais le problème n'est pas aussi facile à résoudre. Malheureusement pour l'histoire de cette partie de la physiologie comparée, ce ne sont pas les recherches anatomiques qui ont mis les observateurs sur la voie des explications.

Les découvertes de Volta ont influé beaucoup sur la manière de voir et de décrire des naturalistes et des savants, et l'on a voulu à toute force retrouver dans la Torpille un appareil analogue à la pile. Mais, dans cette circonstance encore, c'est la théorie qui a dominé les recherches d'anatomie. Quand M. Matteucci a entrepris ses travaux sur la Torpille, il a bien senti qu'il devait, pour leur donner une valeur réelle, les appuyer sur des recherches positives de structure; ses idées cependant étaient déjà arrêtées, et quand on a lu avec attention le travail de M. Savi, on ne peut s'empêcher de reconnaître que

les recherches de cet anatomiste ont été influencées par les besoins de la théorie. Et, en effet, où M. Savi a-t-il pu voir que la base élémentaire de l'appareil était constituée par une vésicule pleine d'un liquide albumineux à la surface de laquelle rampent des nerfs et des vaisseaux? Certainement ce n'est pas dans la nature; cela était dans les nécessités du problème à résoudre. Nous avons suffisamment démontré par les faits que nos recherches diffèrent de celles de M. Savi, et que l'appareil électrique de la Torpille ne ressemble à aucun de ceux de nature à peu près analogue existant chez d'autres animaux : rien de surprenant qu'il y ait un organe spécial disposé d'une façon spéciale. Aussi chez un animal placé dans des circonstances exceptionnelles, ce qu'on peut affirmer, c'est que là, sans aucun doute, *la quantité d'électricité produite n'est pas proportionnelle avec l'activité de la circulation;* car nous n'avons trouvé nulle part les nombreux vaisseaux sanguins dont parle M. Savi. Les physiciens pourront peut-être, d'après cela, arriver à la détermination précise du mode de production de l'électricité; ils modifieront leur théorie selon la modification survenue dans les organes producteurs; disons seulement que l'origine des nerfs, que la texture que nous avons indiquée, la manière probable dont l'action cérébrale réagit sur tout l'appareil et sur les parties environnantes, semblent prouver encore ici l'unité des fonctions du système nerveux. Quant aux explications directes de la manière d'agir du fluide nerveux et des lois de sa marche dans l'appareil de la Torpille, les détails précis dans lesquels nous sommes entrés, relativement à la terminaison des extrémités nerveuses, doivent faire abandonner d'une manière absolue les opinions basées sur les recherches d'après lesquelles les nerfs se perdent dans la masse des corps prismatiques. La théorie des courants doit ici jouer le principal rôle, et la quantité d'électricité produite est ici *bien évidemment en rapport avec le volume énorme des nerfs qui se distribuent à l'appareil.* C'est là

la seule loi qu'on puisse appliquer à ce cas particulier. C'est du reste ce qui se confirme encore dans l'observation d'autres points de l'anatomie de la Torpille ; la moelle épinière est très-volumineuse, ainsi que les branches qui en partent, et en rapport avec cette disposition, on voit les mouvements avoir acquis une force et une énergie toute particulière. En résumé, la Torpille est douée d'un appareil dont on ne retrouve l'analogue dans aucun autre animal placé en dehors de la série à laquelle elle appartient. Les besoins de son existence ambiante ont nécessité un organe spécial, et la nature y a pourvu d'une façon convenable. Vouloir y retrouver les conditions de structure et de fonctions observées chez des animaux autrement organisés, est une idée générale et synthétique qui a donné lieu souvent à des travaux heureux et remarquables, mais qui dans cette circonstance n'ont pas été justifiés par les faits.

Le chapitre suivant sera consacré à l'exposé de mes recherches sur la Raie proprement dite. J'ai cru qu'il convenait de placer ici la description de cet appareil qu'on peut comparer à celui de la Torpille. Ces deux genres de poissons appartiennent en effet à la même grande famille, et j'ai pensé pour cette raison qu'il convenait de rapprocher ces deux appareils en faisant succéder leur description.

CHAPITRE III.

APPAREIL ÉLECTRIQUE DE LA RAIE.

C'est par induction que j'ai été conduit à penser que la Torpille n'était pas le seul animal dans la grande famille des Raies qui possédât la merveilleuse faculté de produire de l'électricité. Les dissections auxquelles je me suis livré dans le but de vérifier cette manière de voir, m'ont conduit promptement en effet à découvrir dans ces poissons un appareil presque semblable aux appareils électriques qui ont été décrits précédemment ; seulement c'est un appareil incomplet, et pour ainsi dire à l'état rudimentaire, si on le compare avec celui de la Torpille. Je vais en tracer une description.

Une partie des nombreuses préparations que j'ai faites sur les Raies sont exposées dans les cabinets de la Faculté de Médecine de Paris. L'une d'elles représente les renflements nerveux et l'origine des nerfs; l'autre donne une idée de la quantité de liquide que contient la cavité cranienne.

Une autre pièce représente la sortie oblique des nerfs et leur mode de distribution dans les muscles, les membranes et les sens.

Dans d'autres préparations enfin, j'ai montré que l'on trouve sur les côtés de la tête et des branchies un renflement où se terminent les nerfs de la cinquième paire, et d'où partent des filets en divergeant dans différents sens, lesquels accompa-

gnent les conduits muqueux. C'est ce renflement, entouré de nerfs et accompagné de conduits excréteurs, qui est évidemment un diminutif pour ainsi dire de l'appareil électrique de la Torpille.

Il est juste de remarquer qu'avant moi Cuvier et Valenciennes avaient trouvé cet organe, et en avaient parlé dans les termes suivants à la p. [illegible] de l'*Histoire naturelle des Poissons* :

« Dans la Raie [illegible] à la face inférieure un grand
« vaisseau qui entoure le museau, en y formant des angles et
« des contours fort réguliers, verse sa liqueur de chaque côté
« par trois ou quatre branches et se recourbe en dedans pour
« se terminer par divers orifices ; et l'on voit de plus de cha-
« que côté à l'angle extérieur des branchies une espèce de
« bourse ronde et blanche dans laquelle pénètre une grosse
« branche de nerf de la cinquième paire, et d'où sortent une
« multitude de longs vaisseaux simples qui marchent en fais-
« ceaux rayonnants dans quatre ou cinq directions, et vont
« s'ouvrir à différents points [illegible] de la peau. »

L'organe dont il s'agit a l'apparence ganglionnaire, représente un renflement de volume variable, et dont les dimensions sont en rapport avec le volume de l'animal, son âge et la quantité de liquide qu'il contient. Lorsque la peau et les vaisseaux muqueux qui viennent le protéger, le recouvrir et s'y rendre, sont enlevés, on aperçoit une saillie, sorte de renflement situé à la partie antérieure et inférieure des branchies et derrière le muscle [illegible]. La base de cette saillie s'attache immédiatement avec la portion ventrale de l'animal. De toutes parts un tissu cellulaire lâche, filamenteux, [illegible] une lymphe mucilagineuse. L'enveloppe du dehors de ce renflement est intimement adhérente, ainsi que sa portion ventrale, à du tissu fibreux et aponévrotique. Au contraire, sa portion dorsale est [illegible] par une membrane mince, [illegible] de liquide qui est contenu dans son intérieur.

En enlevant sa portion transparente, on découvre un liquide albuminoïde qu'on fait sortir par pression, et alors on réduit le tout à un noyau résistant, lequel est représenté par une série de cloisons communiquant les unes avec les autres, et qui ne sont autre chose que des prolongements fibreux de l'enveloppe extérieure. On voit facilement le nerf arriver à cette saillie, et bientôt on l'aperçoit se diviser en filets superficiels qui semblent lui former une enveloppe, et en filets profonds qui forment une multitude de divisions et de subdivisions, des anses qui représentent des anneaux au milieu desquels se trouve la matière *gélatineuse*. D'où vient cette matière gélatineuse? Est-ce par un phénomène d'endosmose qu'elle est apportée dans ce réservoir, ou bien y est-elle déposée par les conduits mucipares? Il me semble que ces canaux ont pour usage d'apporter le liquide qui se rencontre dans ce réservoir en quantité variable. Cette espèce de sac cloisonné n'offre jamais en effet la même distension et la même plénitude. Ce liquide ne paraît donc pas formé là où il se trouve. Ce liquide, assez semblable à l'humeur vitrée, a encore de l'analogie avec celui qu'on rencontre dans les fruits du *Fucus vesiculosus*. Ici ce fluide est produit par des glandules.

Cet organe complexe est donc formé d'un réservoir, d'un liquide transparent de demi-consistance, contenu à son intérieur, de membranes qui paraissent destinées seulement à constituer le sac, de canaux qui communiquent avec sa face interne et de nerfs fournis par la cinquième paire. Le nerf qui s'y rend se divise en deux parties distinctes : l'une, membraneuse, qui enveloppe le sac, et l'autre qui pénètre dans sa profondeur où elle se divise et se subdivise. Cette dernière semble se consumer en grande partie dans les cloisons.

Il n'est pas possible, d'après ce qui précède, de se refuser d'admettre qu'il existe réellement chez les Raies un appareil électrique rudimentaire, trop peu considérable sans doute

pour produire des effets semblables à ceux des batteries électriques de la Torpille, mais devant produire les mêmes effets en petit.

Relativement à la distribution du nerf dans cet organe, il est une remarque à faire sur la manière dont il se comporte dans son trajet et dans sa terminaison.

A mesure que le nerf se rapproche de l'espèce de réservoir dont il vient d'être question, on pourrait croire qu'en s'éloignant de son origine il devrait, puisqu'il fournit beaucoup de branches dans son trajet, perdre de son volume, et il est certain que je n'ai jamais vu qu'il en fût ainsi. Mais on peut dire qu'en arrivant au réservoir, ses filets s'étalent et prennent une sorte d'apparence plexiforme. Presque immédiatement après avoir traversé l'enveloppe fibreuse de ce réservoir, on voit le tronc du nerf s'éparpiller en pinceau sous des volumes infiniment petits relativement au diamètre du tronc. En un mot, cette subdivision subite et infinie n'est pas du tout en rapport avec la transition que l'on observe habituellement.

Si on voulait établir un parallèle entre cet appareil et celui de la Torpille, on dirait que, comme dans cette dernière, les nerfs sont très-volumineux, qu'il est composé d'une série de loges séparées par des cloisons incomplètes, qu'il est enveloppé d'une membrane dense et fibreuse, laquelle est dans l'intérieur lisse et percée d'ouvertures qui communiquent avec les conduits mucipares. Reste à savoir si cette membrane exhale et absorbe : cela me paraît extrêmement probable. Comme dans la Torpille, ce petit appareil contient une faible quantité de vaisseaux. Cette dernière disposition anatomique contraste avec la richesse nerveuse. Enfin, on y découvre un liquide transparent, un peu filant, et qui, sous ce rapport, diffère de celui qu'on rencontre dans l'appareil de la Torpille.

Cet intéressant appareil est entouré de toutes parts par des aponévroses qui le protégent, et fixé solidement par elles dans la cavité qu'il occupe, cavité circonscrite par le muscle temporal, les branchies; en dehors, par le squelette de l'animal, et en avant par l'aponévrose ventrale. On a vu que dans le Gymnote et la Torpille il existe aussi des moyens de protection.

CHAPITRE IV.

ORGANE ÉLECTRIQUE DU MALAPTÉRURE ÉLECTRIQUE.

L'occasion m'ayant été offerte de disséquer souvent le Malaptérure électrique, je ne me bornerai pas seulement à analyser les recherches des naturalistes, mais je rapporterai les dissections qui me sont propres, bien différentes de celles qui ont été publiées par les modernes. C'est assez dire qu'elles ont rapport à la nature et au siége de l'appareil électrique de ce remarquable poisson.

Le Malaptérure électrique appartient à la tribu des Silures; mais il ne présente pas comme eux des nageoires rayonnées sur le dos, et il a, en outre, la singulière propriété de communiquer des commotions électriques.

Le Malaptérure est gros, à museau déprimé, à queue comprimée, et l'animal tout entier est enveloppé d'une peau molle et lisse qui tient fortement à l'appareil électrique, si bien, que l'un ne se meut pas sans l'autre.

M. Valenciennes, mon savant ami, a disséqué des Malaptérures électriques apportés du Nil et du Sénégal; ils offraient de 19 à 60 centimètres de longueur.

Dans la *Cyclopædia of Anatomy and Physiology*, on trouve sur les organes électriques du Silure une description anatomique qui mérite d'être relatée :

« Le seul organe qui puisse être regardé comme lié avec la

» fonction électrique dans ce poisson, c'est une couche épaisse
» du tissu cellulaire dense, qui entoure complétement le corps,
» et qui est située immédiatement sous les téguments. Cette
» couche est si compacte, qu'à la première vue on pourrait la
» prendre pour un amas de matière graisseuse. Mais au micro-
» scope on reconnaît qu'elle se compose de fibres tendineuses
» étroitement entrelacées, dont les mailles sont remplies par
» une substance gélatineuse.

» Cet organe est divisé par une forte membrane aponévro-
» tique en deux couches circulaires, une externe située immé-
» diatement sous le chorion, l'autre interne repose sur les
» muscles.

» Les deux organes sont isolés des parties environnantes
» par un fascia à tissu dense, excepté dans les points par où
» les nerfs et les vaisseaux sanguins pénètrent. Les cellules ou
» mailles formées dans l'organe extérieur par ses fibres réticu-
» lées sont de forme rhomboïdale et très-petites, et il faut
» une loupe pour les bien voir. Le tissu qui compose l'organe
» interne est en partie floconneux et en partie celluleux.

» Les nerfs de l'organe externe sont des branches de la cin-
» quième paire, qui marche sous la ligne latérale et sur l'enve-
» loppe aponévrotique de l'organe. Cette aponévrose est percée
» de plusieurs trous pour le passage des nerfs, qui se perdent
» dans le tissu cellulaire de l'organe. L'organe interne reçoit
» ses nerfs des nerfs intercostaux; leurs branches électriques
» sont nombreuses et remarquablement fines.

» Les organes des autres poissons électriques connus n'ont
» point encore été l'objet des travaux des anatomistes. Si l'on
» embrasse dans un coup d'œil général ces intéressants or-
» ganes, on est frappé d'un certain degré d'analogie qui existe
» entre eux, et cependant on ne trouve point cette ressem-
» blance à laquelle on pouvait s'attendre, et que l'on observe
» dans la structure des organes qui accomplissent les mêmes

» fonctions chez des animaux différents. Ici nous avons des
» membranes tendineuses diversement arrangées et cependant
» disposées toutes de manière à former une série de cellules
» séparées remplies d'une matière gélatineuse. Mais quelle
» différence entre les grandes cellules sous forme de colonnes
» remplies de cloisons délicates, et les petites cellules rhom-
» boïdales du Silure! Tous ces organes cependant reçoivent
» également des nerfs d'un très-grand volume, qui sont plus
» gros que tous les autres nerfs des mêmes animaux, et même,
» on peut l'avancer, dépassant sous ce rapport tous les nerfs
» des autres animaux de grosseur égale.

» Les organes électriques varient chez les différents pois-
» sons : d'abord, dans leur situation relativement aux autres
» organes ; ainsi ils bornent les côtés de la tête chez la Torpille ;
» marchent le long de la queue chez le Gymnote et entourent
» le corps du Silure ; secondement, dans la source à laquelle
» ils puisent leur énergie nerveuse, et troisièmement, dans la
» forme de leurs cellules. Chez aucun autre poisson, on ne
» voit des aponévroses aussi étendues, ni une aussi grande
» accumulation de gélatine et d'albumine dans un organe cel-
» lulaire quel qu'il soit. Broussonet a remarqué que tous les
» poissons électriques actuellement connus, bien qu'apparte-
» nant à des classes différentes, ont cependant certains carac-
» tères communs. Tous, par exemple, ont la peau lisse, privée
» d'écailles, épaisse et percée de petits trous, très-nombreux
» aux environs de la tête, et qui versent au dehors un liquide
» particulier. Leurs nageoires se composent de rayons mous et
» flexibles unis par des membranes denses. Ni le Gymnote, ni
» la Torpille n'ont de nageoire dorsale ; le Silure n'en a qu'une
» petite sans rayons, située auprès de la queue. Tous ont les
» yeux petits. »

MM. Geoffroy-Saint-Hilaire, Rudolphi et Valenciennes ont étudié avec un soin particulier la structure de l'appareil élec-

trique du Silure. Voici, d'une manière succincte, le résumé des opinions de ces observateurs.

D'après M. Geoffroy-Saint-Hilaire, qui a décrit le premier l'appareil dont il s'agit, c'est un tissu fibreux, très-serré et entrecroisé, renfermant une substance albumino-gélatineuse.

Il est doublé par une très-forte aponévrose, peu adhérente aux muscles sous-jacents, longée par une branche du nerf de la huitième paire qui la pénètre pour s'épanouir dans le tissu cellulaire.

La figure donnée à l'appui de la description est défectueuse, elle ne permet pas de voir la coupe des muscles situés entre l'appareil et le tronc. La veine y est vaguement indiquée comme écailleuse; les écailles n'existent chez aucun des poissons électriques connus.

Rudolphi a décrit, en outre, la membrane aponévrotique déjà indiquée, ayant un raphé antérieur et un raphé postérieur, s'étendant l'un et l'autre de la peau aux muscles, une tunique propre, peu celluleuse, consistant en un tissu floconneux particulier, disposé par paquets sous lesquels se trouvent une branche nerveuse et quelques filets des nerfs intercostaux.

La seconde planche de cet anatomiste, dans le Mémoire que j'analyse, montre l'artère naissant de l'aorte, la veine se dégageant dans la veine cave, près de l'oreillette. La troisième planche montre l'appareil floconneux; la quatrième, l'origine des nerfs dans le crâne.

De même que les auteurs précédents, M. Valenciennes a décrit une tunique externe, spongieuse, doublée par une aponévrose argentée, sous laquelle marchent les vaisseaux et le nerf de la huitième paire (nerf de la ligne latérale des poissons), donnant de chaque côté dix ou douze gros filets. Ce nerf doit être regardé, avec M. Geoffroy, comme l'analogue de celui qui, dans les autres poissons, suit la couche interne de la peau.

Quant à la membrane décrite par Rudolphi comme une

membrane simple, sous le nom d'*organe floconneux*, elle se compose de six feuillets superposés, semblables, faciles à séparer les uns des autres et des muscles sous-jacents, s'étendant jusqu'à la base des rayons de la caudale, animés par des filets de la principale branche de la huitième paire, et par d'autres extrêmement ténus des intercostaux. Ces feuillets aponévrotiques, quoique minces, sont résistants et deviennent floconneux par l'imbibition de l'eau.

Mes recherches sur le *Silure* électrique ne me permettent pas d'adopter d'une manière absolue celles qui ont été faites, et je dois avouer que des hommes d'une habileté reconnue me paraissent avoir commis certaines erreurs qui proviennent, sans doute, de ce qu'ils ont eu à leur disposition des animaux contenus depuis longtemps dans des liquides conservateurs, ou bien parce qu'ils n'ont établi aucun point de comparaison entre l'appareil électrique de ce poisson et celui des autres poissons électriques.

Les auteurs qui ont écrit sur le Malaptérure électrique sont loin, en effet, d'être d'accord sur le siége de l'appareil électrique; car il en est qui admettent qu'il est placé entre la peau et les muscles, et il en est d'autres qui lui donnent un siége plus profond. Des naturalistes vont jusqu'à émettre l'opinion que l'appareil électrique ressemble à des amas de graisse. Rien ne prouve mieux l'inexactitude de ces assertions que les dissections auxquelles je me suis livré.

L'appareil électrique par sa nature est entièrement distinct d'une couche de graisse qui recouvre uniformément les muscles de l'animal.

J'ai, sur plusieurs Silures de taille et de grosseur différentes, fait des dissections minutieuses, et sur tous j'ai observé une grosse tête, un cou volumineux, des muscles puissants, une peau fine et un appareil électrique membraneux, mais étendu à la plus grande partie de la surface du corps et de la tête.

J'en ai disséqué de 40 centimètres, de 50 centimètres de long. La tête ressemble assez bien à un cône tronqué, et dans son plus grand diamètre en circonférence elle a 19 ½ centimètres sur un Malaptérure que j'ai soumis dernièrement à une dissection. La tête dans son ensemble ressemble assez à celle du Gymnote. Ce Malaptérure avait de circonférence à l'union de la tête et du cou 20 centimètres, au milieu du corps 18 centimètres et au commencement de la queue 17 centimètres.

Deux barbillons occupent la lèvre supérieure et quatre se trouvent à la lèvre inférieure; leur longueur et leur volume sont proportionnés, en général, à celui du corps de l'animal.

Je n'ai pas à m'occuper ici des nageoires ventrale, pectorale et caudale; elles m'ont semblé aussi proportionnées aux dimensions de l'animal.

Peau. — Elle est excessivement mince, dépourvue d'écailles, et son amincissement est surtout remarquable au ventre, où elle a une couleur blanchâtre, tandis qu'au dos elle est d'un gris foncé et parsemée de taches brunes.

Tissu propre de l'appareil électrique. — Immédiatement au-dessous de la peau on trouve l'appareil électrique.

Il existe deux appareils électriques dans le Malaptérure, séparés l'un de l'autre par une cloison aponévrotique située tout le long du dos et du ventre de l'animal.

Tout l'appareil s'étend de la tête de l'animal jusqu'à la queue. De chaque côté il représente une grande couche sous-cutanée. On distingue dans l'appareil électrique deux faces, deux bords et deux extrémités.

Face sous-cutanée. — Elle est superficielle, légèrement convexe, est unie aux téguments sans tissu cellulaire, et par consé-

quent par le tissu propre de l'organe. Cette face externe est remarquable par les saillies adossées les unes aux autres, lesquelles s'étendent du dos au ventre de l'animal.

Face profonde. — Celle-ci est légèrement concave et adhère intimement à une aponévrose qui s'étend dans toute la longueur de l'appareil électrique, et qui semble lui être exclusivement destinée.

Bord dorsal. — Il s'étend dans toute la longueur du raphé médian dorsal et est adossé à celui de l'appareil électrique opposé, dont il est séparé par une cloison commune.

Bord ventral. — Comme le précédent, il est séparé de son congénère sur la ligne médiane par une cloison aponévrotique qui est incomplète au cou.

Le tissu propre est donc renfermé entre une aponévrose et la peau, et son épaisseur est moindre à la queue que dans le reste du corps, où elle présente encore quelques particularités.

L'appareil est doux au toucher, d'un blanc grisâtre, tomenteux et présentant exactement les mêmes caractères que celui du Gymnote.

L'appareil électrique est formé de plusieurs couches superposées que l'on peut séparer sans trop de difficulté, et on peut reconnaître que chaque couche est représentée par des lames qui, adossées, forment de véritables reliefs séparés par des sillons. Placées les unes sur les autres, elles semblent se recouvrir à la manière des tuiles d'un toit. Ces lames se dirigent du dos de l'animal vers le ventre; les plus courtes sont à la tête et à la queue, et les plus longues se trouvent au milieu du corps.

Sans perdre son apparence lamellée, l'appareil électrique

adhère fortement à l'aponévrose, si bien qu'on ne peut pas l'isoler d'elle.

Aponévrose de l'appareil électrique. — Elle mérite de porter ce nom, parce qu'elle lui semble destinée, et elle a en effet pour limite l'appareil lui-même.

Cette aponévrose est d'un blanc nacré, épaisse et dense à la tête et au dos, et très-mince à la queue.

Ses extrémités ne dépassent pas celles de l'appareil.

Face externe. — Elle correspond immédiatement à l'appareil avec lequel elle est intimement unie.

Face profonde. — Elle est lâchement unie dans tous les sens au corps de l'animal par différentes lames cellulaires sur lesquelles je reviendrai tout à l'heure.

Les bords ventral et dorsal de cette aponévrose sont remarquables et intéressants à indiquer. Ils constituent les cloisons dont il a été question en parlant de l'appareil électrique.

Cloison. — Sur la ligne médiane, on trouve une cloison qui au dos et au ventre sépare les deux appareils.

Elles résultent de l'adossement des deux bords opposés de l'aponévrose qui, en s'accolant de chaque côté, constitue les cloisons ventrale et dorsale. Chaque aponévrose, en devenant superficielle, se réunit pour constituer chacune d'elles, et elles se fixent sur les téguments, où elles forment un relief.

Quels sont les usages de ces aponévroses? Servent-elles de soutien seulement à l'appareil, ou bien ont-elles pour usage de servir à le former, comme la pie-mère cérébrale semble être destinée à sécréter la substance grise du cerveau?

Tissu cellulaire lamelleux. — Au-dessous de l'aponévrose,

on trouve des lames cellulaires superposées, de nature dartoïde, et qu'on isole les unes des autres avec une grande facilité. Elles s'étendent de la tête de l'animal jusqu'à la queue.

La face externe de ces lames est lâchement unie à l'aponévrose.

La face profonde est également en rapport avec les muscles d'une manière très-lâche. Toutes ces lames constituent une véritable atmosphère cellulaire; elles enveloppent le corps.

A la faveur d'une semblable disposition, on peut enlever tout d'une pièce l'appareil et la peau.

Graisse. — Le Malaptérure contient de la graisse, mais en quantité variable. Toujours est-il qu'on en rencontre une couche abondante déposée à l'extérieur des muscles, située sous les couches cellulaires dartoïdes dont il vient d'être question.

Système nerveux du Malaptérure. — La moelle et le cerveau du Malaptérure ont un volume assez considérable; mais les nerfs nous intéressent davantage.

Nerfs. — On les distingue en ceux qui se rendent à l'appareil et en ceux qui se répandent dans les autres organes.

Les nerfs fournis par la moelle se perdent dans les muscles du tronc, dans les téguments et en petit nombre dans l'appareil électrique.

Nerfs de l'appareil. — Il existe un nerf volumineux qui se rend presque exclusivement à l'appareil, et auquel on peut donner le nom de *nerf excitateur* de l'appareil électrique.

Il a été regardé comme appartenant à la huitième paire. Il est remarquable par sa longueur, le nombre de ses filets et le trajet qu'il parcourt en s'étendant de la tête à la queue.

Ce nerf sort de la tête au-dessous de la première nageoire et de l'ouïe : protégé d'abord par des muscles et des pièces du squelette, il devient ensuite superficiel.

Le nerf dont il s'agit est accompagné par des vaisseaux qui sont au-dessus de lui. Dans tout son trajet il est fortement collé à l'aponévrose, et s'étend d'une extrémité de l'appareil à l'autre, sans le dépasser.

Il fournit à droite et à gauche une multitude de branches qui traversent obliquement l'aponévrose pour se diviser en filets très-fins et se ramifier dans l'appareil électrique.

Les dissections minutieuses que j'ai exposées ne me permettent pas d'hésiter à placer le siége de l'appareil entre la peau et l'aponévrose, et je regarde comme peu probables les opinions de ceux qui l'établissent à une plus grande profondeur.

D'abord la couche sous-tégumentaire est certainement de même nature que le tissu propre de l'appareil électrique du Gymnote, et, malgré les recherches anatomiques les plus attentives, je n'ai pu retrouver dans les couches celluleuses l'organisation d'un appareil électrique.

D'ailleurs cet appareil électrique, comme les appareils des autres poissons électriques, reçoit de nombreux filets nerveux qui se subdivisent dans son épaisseur, et le nerf dont il vient d'être fait mention peut être regardé comme lui étant exclusivement destiné.

Rien de semblable ne se rencontre pour les lamelles cellulaires, qu'on a regardées comme l'appareil et qui reçoivent à peine quelques filets nerveux.

J'ai voulu compléter les dissections que j'avais faites par l'examen microscopique et l'analyse chimique des diverses parties qui pouvaient faire confondre l'appareil électrique avec d'autres organes. Pour cela, j'en ai appelé au talent de mon savant ami M. le professeur Payen, membre de l'Institut.

Ainsi que je l'ai déjà dit, des auteurs ont parlé de la ressemblance de l'appareil avec une couche de graisse épaisse uniformément répandue à la surface des muscles. Par une analyse habile, M. Payen a démontré qu'elle était formée effectivement de graisse et d'un canevas cellulaire, adhérent aux muscles du corps de l'animal. Le scalpel et l'analyse chimique ont découvert de la fibrine, de la graisse en grande quantité, et rien de l'organisation de l'appareil électrique. Cette couche peut être appelée *couche charnue et adipeuse*. M. Payen dit « qu'elle présente plusieurs caractères de la fibre musculaire, » notamment le gonflement et la translucidité par l'acide chlor- » hydrique très-affaibli ou contenant moins d'un millième » (0,0006) de cet acide, et par l'acide acétique à 8 degrés. »

La seconde couche, qui a été regardée par M. Valenciennes comme l'appareil électrique du Silure, est formée, ainsi que je l'ai dit, par des couches minces, souples, et M. Payen l'ayant examinée au microscope et en ayant fait une analyse chimique, n'y a découvert que la trame cellulaire.

Enfin la troisième couche a été, par ce même savant, soumise aux mêmes moyens d'investigation, et il résulte de ses recherches qu'elle ne contient pas de trace de fibrine, et on est bien forcé alors de reconnaître qu'elle est évidemment formée par un tissu propre.

L'examen anatomique, qui démontre que ce tissu est d'une nature spéciale, la ressemblance des fibres avec celles du tissu propre du Gymnote, la distribution d'un nerf qui se rend exclusivement dans cette trame organique, l'analyse chimique et l'étude au microscope établissent rigoureusement le siége de l'appareil électrique sous les téguments.

CHAPITRE V.

APPAREIL ÉLECTRIQUE DU GYMNOTE.

Le *Gymnote*, qui porte encore le nom d'*Anguille électrique*, forme une tribu dans la grande famille des *Anguillins*. Les Gymnotes ont les ouïes fermées en partie par une membrane qui s'ouvre néanmoins au-devant des nageoires pectorales. Ils ont une nageoire ventrale, laquelle est mise en mouvement par les muscles sous-cutanés, qui s'y fixent latéralement; mais ils n'en possèdent pas à la queue. Leur corps est lisse, dépourvu d'écailles et revêtu d'une couche de matières gluantes.

Les Gymnotes que j'ai eu l'occasion de disséquer avaient de 3 pieds à 3 pieds 6 pouces et de 4 à 5 pieds. Le 6 décembre 1837, je disséquai un Gymnote qui avait 97 centimètres de long sur 20 centimètres de circonférence à la tête, 17 au cou, 18 au dos et 12 à la queue, y compris, bien entendu, l'espèce de rame qu'elle représente. La nageoire ventrale était longue de 67 centimètres.

« Le Gymnote, dit M. de Humboldt dans son *Voyage aux régions équinoxiales*, t. VI, est le plus grand des poissons électriques. J'en ai mesuré qui avaient de 5 pieds à 5 pieds
» 3 pouces de long. Les Indiens assuraient en avoir vu de plus
» grands encore. Nous avons trouvé qu'un poisson, qui avait
» 3 pieds 10 pouces de long, pesait 12 livres. Le diamètre
» transversal du corps était (sans compter la nageoire anale,
» qui est prolongée en forme de carène) de 3 pouces 5 lignes.

» Les Gymnotes du Caño de Bera sont d'un beau vert d'olive.
» Le dessous de la tête est jaune, mêlé de rouge. Deux ran-
» gées de petites taches jaunes sont placées symétriquement
» le long du dos, depuis la tête jusqu'au bout de la queue ;
» chaque tache renferme une ouverture excrétoire. Aussi la
» peau de l'animal est-elle constamment couverte d'une ma-
» tière muqueuse qui, comme Volta l'a prouvé, conduit l'é-
» lectricité vingt à trente fois mieux que l'eau pure. Il est, en
» général, assez remarquable qu'aucun des poissons électri-
» ques, découverts jusqu'ici dans les différentes parties du
» monde, ne soit couvert d'écailles.

» Le Gymnote, comme nos Anguilles, se plaît à avaler et à
» respirer de l'air à la surface de l'eau. Il ne faut pas en con-
» clure, avec M. Bajon, que le poisson périrait s'il ne pouvait
» venir respirer l'air. Nos Anguilles se promènent une partie
» de la nuit dans l'herbe, tandis que j'ai vu mourir à sec un
» Gymnote très-vigoureux qui s'était élancé hors du baquet.
» Nous avons prouvé, M. Rovençal et moi, par notre travail
» sur la respiration des poissons, que leurs branchies humides
» peuvent servir à la double fonction de décomposer l'air
» atmosphérique et de s'approprier l'oxygène dissous dans
» l'eau. Ils ne suspendent pas leur respiration dans l'air, mais
» ils absorbent l'oxygène gazeux, comme fait un reptile muni
» de poumons. Il est connu qu'on engraisse des Carpes en les
» nourrissant hors de l'eau et en leur mouillant de temps en
» temps les ouïes avec de la mousse humide pour empêcher
» qu'elles ne se dessèchent. Les poissons écartent leurs oper-
» cules dans le gaz oxygène plus que dans l'eau. Cependant
» leur température ne s'élève pas, et ils vivent également long-
» temps dans de l'air vital et dans un mélange de 90 parties
» d'azote et de 10 d'oxygène. Nous avons trouvé que des Tan-
» ches (*Cyprinus tinca*) placées sous des cloches remplies d'air
» absorbent dans une heure de temps un demi-centimètre cube

» d'oxygène. Cette action a lieu dans les ouïes seules, car les » poissons auxquels on adapte des colliers de liége, et dont la » tête reste hors du bocal rempli d'air, n'agissent pas sur » l'oxygène par le reste de leur corps. »

John Hunter, à la sollicitation de Walsh, anatomisa l'appareil électrique de l'animal qui nous occupe, et les résultats de son étude ont été consignés dans un Mémoire lu devant la Société Royale de Londres, le 11 mai 1775, et publié dans le LXV volume des *Transactions philosophiques*. Suivant Hunter, l'organe électrique du Gymnote, qu'il appelle *particulier,* représente plus d'un tiers du volume de l'animal; cet organe constitue de chaque côté un appareil double ou pair, que Hunter divise en petit et en grand appareil. L'illustre écrivain donne la description isolée de chacun d'eux et expose avec détail leur longueur, leur situation et leurs rapports; mais c'est surtout la structure et la disposition des nerfs qui ont été plus particulièrement l'objet de ses études.

La description qu'il donne des éléments qui entrent dans la composition de l'appareil électrique, m'a paru assez frappante pour mériter d'être reproduite textuellement dans ce qu'elle offre d'essentiel.

DE LA STRUCTURE DES ORGANES ÉLECTRIQUES.

« La structure des organes électriques est extrêmement » simple et régulière; ils se composent de deux parties : les » cloisons horizontales et les cloisons verticales qui croisent les » premières. Les bords externes des cloisons horizontales vus » en dehors se présentent sous la forme de lignes parallèles qui » se dirigent à peu près dans le sens de l'axe longitudinal du » corps. Ces cloisons horizontales sont des membranes minces » placées presque parallèlement les unes aux autres. Le sens de » leur longueur est à peu près le même que celui du long axe

» du corps, et leur largeur représente à peu près la moitié du
» diamètre transversal de l'animal. Elles varient en longueur;
» quelques-unes sont aussi longues que tout l'organe.

» Je les décrirai comme commençant principalement à l'ex-
» trémité antérieure de l'organe, bien qu'un petit nombre
» d'entre elles naissent le long de son bord supérieur; l'en-
» semble de ces membranes se dirige vers la queue, et elles se
» terminent graduellement à la surface inférieure de l'organe;
» ce sont celles dont l'origine est située le plus bas qui se ter-
» minent le plus tôt. Leur largeur varie dans les différentes
» parties de l'organe. En général, c'est à peu de distance de
» leur extrémité antérieure, c'est-à-dire dans la partie la plus
» épaisse de l'organe, qu'elles ont le plus de largeur. Elles
» deviennent graduellement plus étroites vers la queue; ce-
» pendant elles sont très-étroites à leur origine même, ou ex-
» trémité antérieure. Celles qui sont le plus près des muscles
» du dos sont les plus larges, ce qui dépend de la courbure
» qu'elles forment, c'est-à-dire de leur position oblique sur
» ces muscles, et elles deviennent graduellement plus étroites
» vers la partie inférieure de l'organe, tant parce qu'elles sont
» plus transversales que parce que l'organe devient plus mince
» en cet endroit. Elles ont un bord externe et un bord interne:
» le bord externe adhère à la peau de l'animal, aux muscles
» latéraux de la nageoire, et à la membrane qui sépare le
» grand organe du petit; tous les bords internes sont fixés à
» la cloison moyenne précédemment indiquée, ainsi qu'à la
» vessie natatoire, et trois ou quatre viennent s'appliquer sur
» les parties qui renferment les muscles du dos. C'est au niveau
» de leur bord externe, près de la peau à laquelle elles sont
» unies, que ces cloisons horizontales sont le plus éloignées
» les unes des autres, et à mesure qu'on les suit plus loin de
» la peau et plus près de leur attache interne, on les voit se
» rapprocher. Quelquefois on en trouve deux qui se réunissent

» pour n'en plus former qu'une. Dans le voisinage des muscles » du dos, elles sont concaves d'un bord à l'autre pour s'adapter » à la forme de ces muscles; mais cette concavité diminue à » mesure qu'elles se rapprochent de la région moyenne de l'or- » gane, et de cette région à la partie inférieure de l'organe elles » offrent une courbure en sens inverse. A la partie antérieure » du grand organe, où la longueur de celui-ci est à peu près » uniforme, elles marchent presque parallèlement ensemble » et suivent à peu près une ligne droite; mais dans la partie » où l'organe se rétrécit, on remarque que parfois deux cloi- » sons se rejoignent pour n'en former qu'une, et cela en par- » ticulier dans les points où elles sont croisées par un nerf. La » terminaison de cet organe dans la queue est si petite, que je » n'ai pu déterminer si elle est constituée par une seule cloi- » son ou par plusieurs. Chez un poisson long de 2 pieds » 4 pouces, je les ai trouvées éloignées l'une de l'autre de $\frac{1}{27}$ » de pouce, et la largeur de tout l'organe à sa partie la plus » large était d'environ 1 pouce 3 lignes. Dans ce point il y » avait environ trente-quatre cloisons horizontales.

» Le petit organe se compose de la même espèce de cloi- » sons, qui s'étendent dans le sens de leur longueur d'un bout » à l'autre de l'organe, et dans celui de la largeur le traversent » complétement. Elles ont un trajet un peu flexueux, et non » exactement en ligne droite. Leur bord externe se termine à » la surface externe de l'organe, qui est en contact avec la » face interne du muscle externe de la nageoire, et leur bord » interne est en contact avec les muscles centraux. Elles dif- » fèrent beaucoup entre elles pour la largeur; car les plus » larges sont égales à la base de la figure triangulaire que » forme le petit organe, et les plus étroites ne dépassent guère » la largeur de son sommet au bord. Elles sont à peu près à » distance égale les unes des autres, et beaucoup plus rappro- » chées que celles du grand organe; car elles ne sont séparées

» que par un intervalle de $\frac{1}{56}$ de pouce; mais vers la queue cet » intervalle augmente en proportion de l'accroissement en » largeur de l'organe. Le petit organe a environ 6 lignes de » largeur et se compose de quatorze cloisons horizontales.

» Dans les deux organes, ces cloisons ont peu de consis» tance et se déchirent facilement. Elles paraissent répondre » au même usage que les colonnes chez la Torpille, c'est-à» dire constituer des parois ou des points d'appui pour les » subdivisions, et l'on doit les considérer comme constituant » autant d'organes distincts. Ces cloisons sont coupées trans» versalement par des lames ou membranes très-minces, dont » la largeur ou hauteur est égale à la distance qui existe entre » les deux cloisons qu'elles divisent, et par conséquent varie » dans les différentes parties, de sorte qu'elles sont d'autant » plus larges qu'elles sont plus voisines de la peau, et d'autant » plus étroites qu'elles sont plus près du centre du corps, c'est» à-dire de la cloison moyenne qui sépare les deux organes » l'un de l'autre. Leur longueur est égale à la largeur des » cloisons entre lesquelles elles sont situées. Elles forment des » séries régulières qui se continuent chacune d'une extrémité » à l'autre entre deux cloisons horizontales. Elles se montrent » serrées au point même de se toucher. Dans une longueur de » 1 pouce, il y en a environ deux cent quarante; d'où il résulte » que la totalité de l'organe présente une vaste étendue de » surface.

DES NERFS.

» Les nerfs, chez cet animal, peuvent être divisés en deux » espèces : la première comprend ceux qui sont appropriés » aux usages généraux de la vie; la seconde ceux qui prési» dent à l'accomplissement de la fonction particulière, et dont » l'existence de cette fonction dépend très-probablement. Ils » naissent, en général, du cerveau et de la moelle épinière,

» comme chez les autres poissons; mais ceux qui naissent de la
» moelle sont beaucoup plus gros que dans les poissons de
» volume égal, et plus gros aussi qu'il n'est nécessaire pour les
» opérations communes de la vie. Le nerf qui, naissant du
» cerveau, s'étend à toute la longueur de l'animal, et qui, je
» crois, existe chez tous les poissons, est plus gros dans celui-
» ci que dans les autres poissons de même grandeur, et passe
» plus près du rachis. Chez l'Anguille commune, il marche
» au milieu des muscles dorsaux, à peu près à distance égale
» de la peau et du rachis. Chez la Morue, il se dirige immé-
» diatement sous la peau. Comme ce nerf est plus gros dans
» le Gymnote électrique que dans les autres poissons de même
» grandeur, on pourrait supposer qu'il est destiné à alimenter
» jusqu'à un certain point l'organe électrique, mais il ne pa-
» raît point qu'il en soit ainsi, car je n'ai pu suivre aucun nerf
» qui en partît pour rejoindre ceux qui naissent de la moelle
» épinière et qui se rendent à l'organe. L'existence de ce nerf
» est un des faits anatomiques les plus singuliers qu'on observe
» dans la classe des poissons; car assurément il doit paraître
» extraordinaire qu'un nerf prenne naissance dans le cerveau
» pour se perdre dans les parties communes, tandis qu'il y a
» une moelle épinière qui fournit des nerfs aux mêmes parties.
» C'est encore une des circonstances inexplicables du système
» nerveux. L'organe électrique reçoit des nerfs de la moelle
» épinière, d'où ils viennent par paire en passant entre toutes
» les vertèbres du rachis. Dans leur trajet hors du rachis, ils
» donnent des nerfs aux muscles du dos, etc. Ils contournent
» en avant et en dehors la colonne vertébrale, passent entre
» elle et les muscles, et envoient à la surface externe de petits
» nerfs qui joignent la peau auprès des lignes latérales. Ceux-
» ci se ramifient sur la peau, mais ils se recourbent pour la
» plupart en avant entre elle et l'organe, le long duquel ils
» marchent en lui envoyant de petites branches, et ils semblent

» se perdre dans ces deux parties. Les troncs atteignent la vessie
» natatoire, ou plutôt ils s'enfoncent entre elle et les muscles
» dorsaux, et continuant leur trajet d'arrière en avant sur cette
» poche, ils pénètrent entre elle et l'organe sur lequel ils se
» divisent en branches plus petites. Alors ils arrivent à la cloi-
» son moyenne sur laquelle ils continuent leur trajet, attei-
» gnent les petits os et les muscles qui servent de base à la
» nageoire inférieure, et enfin se perdent sur cette nageoire.
» Après qu'ils sont parvenus entre les organes électriques et
» les parties ci-dessus mentionnées, ils envoient constamment
» de petits nerfs dans ces organes, d'abord dans le grand,
» puis dans le petit; ils en envoient aussi dans les muscles de
» la nageoire, et enfin dans la nageoire elle-même. Les bran-
» ches qu'ils envoient dans les organes électriques pendant tout
» leur trajet le long de ceux-ci sont si petites, que je n'ai pas pu
» suivre leurs ramifications dans ces organes. Chez ce poisson,
» aussi bien que chez la Torpille, les nerfs qui portent l'élé-
» ment nerveux aux organes électriques sont beaucoup plus
» gros que ceux qui sont fournis à toute autre partie pour la
» sensation et l'action; mais il me semble que c'est l'organe
» électrique de la Torpille qui recoit la plus grande masse
» nerveuse. Si tous les nerfs qui s'y rendent étaient réunis, ils
» formeraient un cordon considérablement plus gros que l'en-
» semble de ceux qui vont au même organe chez le Gymnote.
» Peut-être pourra-t-on donner la raison de cette différence,
» quand on aura fait sur ce dernier poisson des expériences
» aussi exactes que celles qui ont été faites sur la Torpille.

VAISSEAUX SANGUINS.

» Je ne puis déterminer d'une manière positive jusqu'à quel
» point l'organe électrique du Gymnote est vasculaire; mais
» en raison de la quantité de petites artères qui s'y rendent, je
» suis porté à croire qu'il est loin de manquer de vaisseaux.

» Les artères naissent de la grosse artère qui descend le long » de la colonne vertébrale par de petites branches, comme » les artères intercostales chez l'homme, contournent la ves» sie natatoire, arrivent à la cloison conjointement avec les » nerfs, et distribuent leurs branches de la même manière » que ces derniers. Les veines suivent le même trajet en sens » inverse, et s'ouvrent dans la grosse veine qui marche pa» rallèlement avec l'artère. »

De mon côté, je me suis livré à une étude toute particulière et à des dissections suivies et attentives qui m'ont mis à même de produire sur son organisation des observations qui me paraissent neuves et offrir quelque intérêt.

Le Gymnote électrique peut acquérir 6 pieds de long et davantage. Il est remarquable par sa forme allongée, le volume de son corps, les dimensions de son cou, la finesse de sa peau, revêtue d'une substance crypteuse et filante.

Il se rencontre surtout dans les eaux qui, plus ou moins abondantes, sous forme de ruisseaux et de mares, couvrent les vastes plaines situées entre la Cordillère, l'Orénoque et la Bande-Orientale.

Les batteries électriques dont il est pourvu occupent tout le dos et la queue.

Ce puissant appareil se compose de membranes, d'aponévroses, de nerfs, de faisceaux ou cordons placés parallèlement.

Téguments externes. — Dans le Gymnote électrique, la peau est lisse, molle, onctueuse et polie. L'épaisseur de cette membrane est mince, surtout au niveau de la nageoire ventrale, et elle est unie par un tissu cellulaire filamenteux à une aponévrose qui entoure de toutes parts le corps de l'animal.

On ne trouve sur les parties latérales aucune trace de tissu cellulaire, mais là le muscle sous-cutané adhère fortement aux téguments.

Les nerfs qui s'y distribuent sont nombreux, et la minceur de cette membrane explique les phénomènes d'imbibition.

Aponévrose sous-tégumentaire. — D'un blanc nacré, résistante, elle forme une gaîne pour tout le corps.

Par la face profonde, cette membrane aponévrotique recouvre les muscles et l'appareil électrique. Son union avec ces diverses parties n'est pas la même partout; elle adhère fortement au milieu du dos de l'animal et dans toute sa longueur, ainsi que sur les côtés où elle se prolonge en une sorte de cloison ou de diaphragme qui, séparant les muscles du dos de l'appareil électrique, occupe les parties latérales du corps jusqu'à la queue.

Elle est principalement formée de fibres parallèles et de fibres obliques. La disposition curieuse qu'offre cette membrane et la manière dont elle se comporte à l'égard des appareils m'engagent à en faire une description détaillée.

Cette aponévrose forme donc une membrane engaînante pour tout le corps; elle est placée sous les téguments auxquels elle est unie lâchement. Par sa face profonde, elle envoie des prolongements qui entourent les appareils en formant des cloisons lesquelles les séparent et les isolent. C'est ainsi qu'elle entoure les muscles du dos, qu'elle enveloppe le grand appareil, qu'elle forme une gaîne au petit appareil et qu'elle constitue une cloison commune s'étendant de l'extrémité cervicale de la nageoire ventrale à son extrémité caudale.

Cette membrane fibreuse est mince sur les muscles du dos, épaisse sur les appareils et plus épaisse encore au niveau des cloisons.

Gaîne des muscles du dos. — Elle est très-mince et leur adhère fortement en envoyant des prolongements dans leur épaisseur.

Gaîne du grand appareil. — Elle est épaisse, feutrée, d'un blanc nacré, et formée d'une série de fibres annulaires et longitudinales. Par son extrémité caudale, elle se lie avec la queue, et au cou elle forme une espèce de demi-cercle qui va se continuer autour de l'appareil digestif, en concourant à former la cloison médiane ventrale.

Sa face externe est unie aux téguments par du tissu cellulaire; sur ses côtés et dans toute sa longueur viennent se fixer les muscles sous-cutanés appartenant à la nageoire et aux deux appareils.

Le bord supérieur de cette gaîne sépare les muscles du dos du grand appareil, tandis que le bord ventral sépare le grand appareil du petit.

La face interne correspond au tissu propre du grand appareil qui prend sur elle des points d'insertion.

Gaîne du petit appareil. — Sa face interne adhère au petit appareil en l'entourant de toute part. Sa face externe est recouverte par les muscles sous-cutanés.

Cloison médiane ventrale. — Cette cloison est remarquable par sa longueur et ses usages. Elle est forte et cependant transparente. Elle sépare les appareils électriques qui sont seulement adossés sur la ligne médiane ventrale.

Le bord ventral se continue avec le tissu fibreux de la nageoire.

Son extrémité caudale s'avance jusqu'à l'extrémité de la nageoire et jusqu'aux limites des deux appareils.

L'extrémité cervicale se continue avec un anneau aponévrotique très-fort, formé par l'enveloppe générale.

Les faces latérales de cette cloison servent à fournir des points d'insertion aux *folioles* de l'appareil.

Muscles du dos. — Ils représentent deux grands cordons qui

s'étendent de la tête à la queue. La colonne vertébrale est comme enchâssée dans leur épaisseur et protégée par eux. Ce sont eux qui donnent à l'animal cette voussure que l'on remarque dans toute la longueur du dos. De chaque côté, des colonnes charnues sont séparées de l'appareil électrique par la cloison aponévrotique dont il vient d'être question.

Je passe maintenant à la description des muscles sous-cutanés, qui jouent, suivant moi, un rôle important dans la production des phénomènes électriques.

Muscles sous-cutanés ou muscles moteurs de l'aponévrose et des téguments. — De chaque côté de l'animal, on trouve un muscle qui a la longueur de la nageoire ventrale à laquelle il se fixe, sur son aponévrose d'enveloppe. L'extrémité opposée de ce muscle s'insère tout le long de l'aponévrose d'enveloppe, et exactement sur la portion de cette tunique fibreuse qui revêt le grand appareil.

La face profonde de ce muscle recouvre le petit appareil et une portion du grand appareil, en traversant, bien entendu, l'intervalle qui les sépare.

Par sa face externe ou sous-cutanée, il se fixe aux téguments, qui lui adhèrent fortement.

Ce muscle pair est formé par une série de fibres parallèles dirigées du ventre de l'animal vers le dos, jusqu'à leur point d'insertion terminal. Ses fibres ne sont pas toutes de la même longueur.

Ce muscle me paraît destiné à comprimer les appareils électriques, à agir sur les téguments comme moteur et à imprimer à la nageoire ventrale des mouvements de tension et de locomotion. Évidemment il comprime les appareils électriques, et la direction de ses fibres ne laisse aucun doute à cet égard; il en est de même de son action sur la nageoire et sur la peau.

Appareil électrique. — Sur chaque côté de l'animal, on rencontre un remarquable appareil électrique qui s'étend de la tête à la queue.

Chaque appareil électrique est isolé des parties environnantes par le dédoublement de l'aponévrose générale et limité par les cloisons que forment ses prolongements, si bien qu'il se trouve maintenu dans une longue gouttière fibreuse.

L'appareil électrique est d'un blanc grisâtre, et il paraît divisé en deux portions reconnaissables à une ondulation et à une distribution nerveuse. Ce sont ces portions qui ont reçu de Hunter le nom de *grand* et de *petit appareil*.

Les lames ou folioles forment l'élément essentiel de la structure de cet appareil. Il importe ici d'entrer dans des descriptions de détails tant sur la structure intime de ce tissu propre que sur le mode d'arrangement des éléments qui le constituent.

Tissu propre de l'appareil électrique. — Pour bien étudier la structure de cet appareil, il faut pratiquer une coupe transversale dans toute l'épaisseur du tronc. Cette coupe permet d'étudier l'adossement sur la ligne médiane des appareils électriques, séparés seulement par la cloison que j'ai décrite plus haut. Toute la face ventrale de l'animal emprunte sa forme aux appareils électriques, séparés par cette mince cloison, dont le siége précis est indiqué par la nageoire ventrale.

Chaque appareil fait voir une série de lignes, qui rayonnent de cette cloison médiane vers la circonférence de l'appareil. Ces lignes représentent autant de lames appliquées les unes contre les autres, lesquelles se fixent, par leurs extrémités, à la cloison d'une part et de l'autre à la membrane d'enveloppe. Ces lames ne communiquent jamais avec celles du côté opposé, et leur longueur est d'autant plus grande, qu'elles se rapprochent davantage du centre de l'appareil. Les lames les plus

courtes sont celles qui occupent les extrémités de la coupe. Disséquées, elles représentent les feuillets d'un livre ouvert. Elles sont toutes transparentes, minces et résistantes.

Les appareils électriques se terminent à l'extrémité de la nageoire ventrale. Chaque partie terminale d'appareil est arrondie et représente un véritable renflement. Celui du petit appareil est placé dans un sillon, au-dessous de celui du grand, qui est plus volumineux. Les muscles se prolongent jusqu'à la fin de chaque appareil. Je dois faire remarquer la constance des muscles sous-cutanés à l'égard de ces appareils.

Ces appareils, dépouillés de leur membrane fibreuse, sont mous et imprégnés de liquide, ce qui leur donne une souplesse et une mollesse constantes.

Nerfs de l'appareil électrique. — Tous naissent de la moelle épinière et émergent du canal vertébral, en se glissant latéralement sous les muscles du dos, qui leur servent de protecteurs. On les voit bientôt paraître dans l'intervalle qui sépare ces muscles de l'appareil électrique. Ils sont devenus plus superficiels et se trouvent placés près les uns des autres, comme les dents d'un peigne. Rencontrant alors la cloison aponévrotique, ils la traversent pour se rendre dans l'appareil électrique, où ils subissent de remarquables changements.

Dans la première partie de leur trajet ou à leur sortie du canal vertébral, ils affectent une disposition simple; mais lorsqu'ils ont traversé la cloison, ils se ramifient, au contraire, pour se perdre dans l'appareil électrique sous forme de pinceau.

On pourra avoir, en jetant les yeux sur la planche I, une idée très-nette de la disposition de ces nerfs.

Ce n'est pas, comme on pourrait le croire, dans le grand appareil qu'ils vont se rendre en sortant de la cloison; en les suivant avec le scalpel, on les voit se ramifier à l'infini dans le

petit appareil. Dans la planche II, on aperçoit très-bien ce mode de terminaison.

Ainsi, l'arrangement des nerfs chez le Gymnote n'est pas le même que dans l'appareil électrique de la Torpille, où l'on observe des anses nerveuses si apparentes. Ils prennent une forme multiple en gagnant l'appareil, divergent entre eux, après avoir marché d'abord parallèlement, et affectent une distribution en pinceau, en traversant l'épaisseur des folioles ou des lames, ou en se répandant à leur surface.

Mes dissections m'ont fait voir que ces nerfs ne vont pas exclusivement à l'appareil électrique, mais qu'ils fournissent encore des branches et des rameaux aux muscles, aux nageoires, aux aponévroses, aux téguments, etc.

Chez aucun animal électrique on ne rencontre un appareil aussi riche et aussi étendu que celui du Gymnote. Aussi paraît-il que le fluide électrique qu'il produit sert à la fois à sa défense et à tuer les poissons dont il veut faire sa proie. Les décharges qui se font par l'action de cet appareil sont évidemment de même nature que celles que provoque une pile en action, avec cette seule différence, que l'électricité est produite dans le Gymnote sous l'influence des organes vivants, tandis que dans l'autre cas elle résulte de l'action réciproque des agents chimiques.

Le Gymnote produit à volonté ses commotions électriques au travers de l'eau, qui est alors un conducteur parfait, à la manière des conducteurs terrestres pour l'électricité céleste.

L'électricité s'épuise dans cet animal comme dans la pile, lorsque les matières qui l'entretiennent deviennent insuffisantes.

Mon cher confrère et ami le D[r] Davenne a bien voulu, à ma sollicitation, soumettre à un grossissement microscopique la structure propre de l'appareil électrique.

A la surface d'une coupe transversale du corps du Gym-

note, l'on distingue sur la partie qui constitue l'organe électrique une série de lignes qui partent d'un raphé médian, et qui se portent en rayonnant vers la périphérie. Les lignes les plus externes sont plus ou moins courbes, pour embrasser les masses musculaires latérales du tronc; les plus internes ont une direction rectiligne.

Ces lignes représentent la section de lames disposées longitudinalement dans toute l'étendue de l'organe électrique. La direction des lames peut se déduire de celle des lignes dont nous venons de parler. L'une située dans l'axe du corps, audevant de la colonne vertébrale, le divise en deux parties latérales; c'est de cette lame, qui sur une coupe transversale représente un raphé, que partent en rayonnant les autres lames longitudinales. Celles-ci arrivent jusqu'à la peau, en laissant entre elles un écartement de 1 à 2 millimètres. L'espace que deux lames contiguës interceptent représente donc, jusqu'à un certain point, un prisme triangulaire, et l'organe électrique paraît formé de deux masses latérales composées de ces prismes longitudinaux juxtaposés.

L'espace prismatique, intercepté entre deux lames longitudinales, est occupé par une série de lamelles triangulaires placées les unes au-devant des autres et transversalement par rapport aux lames longitudinales; chacune de ces lamelles a environ $\frac{1}{6}$ de millimètre d'épaisseur. Chaque millimètre de l'espace prismatique intercepté par deux lames longitudinales contient donc six de ces lamelles. Celles-ci sont en contact les unes avec les autres par leurs faces antérieure et postérieure qui sont libres.

Ces lamelles forment la partie la plus importante de l'organe électrique. Les lames longitudinales par leur structure ne paraissent destinées qu'à servir de support aux lamelles. Elles sont formées d'un tissu cellulaire dont les fibres sont très-larges, très-flexueuses et généralement disposées dans le même

sens. Une partie des fibres se porte de distance en distance d'une lame à l'autre, forme la base des lamelles, comme nous le dirons.

Les lamelles triangulaires, dont deux des côtés s'appuient aux lames latérales et l'autre à la peau, offrent deux faces bien distinctes; l'une est lisse et ne présente au microscope qu'un tissu de fibres flexueuses, semblables à celles qui constituent les lames longitudinales. Ces fibres de tissu cellulaire émanent des lames qui servent de support aux lamelles. L'autre face est tomenteuse et toute couverte de saillies papillaires d'une nature particulière.

Au premier abord, il semble que toutes ces saillies soient des cellules épithéliales saillantes à la surface des lamelles, et munies d'un ou plusieurs noyaux; mais, par une étude attentive, il est facile de se convaincre qu'il n'y a là aucune cellule. Toutes les saillies ne sont que des prolongements du tissu sous-jacent, lequel tissu a pour support la trame des fibres cellulaires dont nous avons parlé.

Les saillies microscopiques varient pour l'épaisseur entre $\frac{2}{100}$ ou $\frac{3}{100}$ de millimètre, elles ont jusqu'à $\frac{5}{100}$ de millimètre de hauteur. Elles sont arrondies au sommet. Leur substance paraît homogène, renfermant quelques granulations élémentaires très-fines; leur surface est probablement revêtue d'une membrane propre, comme on en peut juger par le double contour qu'on aperçoit en certains points, lorsqu'on les examine au grossissement de 600 décimètres.

Dans chacune des papilles, près du sommet, on remarque constamment un ou deux noyaux particuliers. Par un faible grossissement, ces noyaux ont l'apparence de petits amas de granulations élémentaires; par un grossissement de 600 décimètres, leur contour est assez défini pour qu'on puisse reconnaître un corps étoilé. Ce noyau a de $\frac{5}{1000}$ à $\frac{6}{1000}$ de millimètre de diamètre; il est muni d'un nucléole rond et assez distinct.

Chaque lamelle est constituée ainsi qu'il suit : sur une épaisseur de $\frac{15}{100}$ de millimètre, $\frac{3}{100}$ formant la face opposée à celle qui supporte les papilles électriques, sont uniquement constitués par le tissu cellulaire émané des lames longitudinales; $\frac{5}{100}$ représentent la hauteur des papilles électriques situées sur la face opposée, et les 7 autres centièmes intermédiaires sont formés par un tissu semblable à celui des papilles. Ce tissu est parcouru par quelques fibres de tissu cellulaire, d'autant plus rares qu'on se rapproche plus des papilles, et parsemé de noyaux assez distants les uns des autres, noyaux qui paraissent semblables à ceux des papilles électriques.

M. Payen a bien voulu examiner l'appareil électrique du Gymnote, et en faire une analyse chimique. Je donne ici le résultat obtenu par cet illustre chimiste :

Eau..............	94,120	= 100.
Matière sèche.......	5,880	

Cendres = 0,170 ou 3 pour 100 de la matière sèche;
Azote = 0,753 ou 12,82 pour 100 de la matière sèche.

Les cendres étaient composées de

0,085 soluble = Sulfates et chlorures;
0,085 insoluble = Phosphates et carbonates terreux.

CHAPITRE VI.

DES FONCTIONS DE L'APPAREIL ÉLECTRIQUE DES POISSONS ÉLECTRIQUES.

On est conduit à penser à priori que le système nerveux des poissons électriques doit être essentiellement différent par sa structure de celui des poissons non électriques. Il semble, en effet, que des phénomènes aussi merveilleux ne se puissent expliquer que par des dispositions exceptionnelles du système nerveux ; car c'est du système nerveux, bien certainement, que dépend l'action électrique, et les poissons électriques n'ont ni nerfs ni centre nerveux *spéciaux*. Les recherches anatomiques minutieuses n'ont pu établir de différence de structure dans les nerfs et les centres nerveux entre les poissons électriques et les poissons non électriques. Ainsi le nerf qui se distribue dans l'appareil électrique de la Torpille, et les nerfs spinaux qui animent l'organe électrique du Gymnote, ne présentent rien de particulier.

C'est donc dans l'*appareil électrique* lui-même que gît en définitive la *spécialité*, si je puis ainsi dire, des poissons électriques. Le système nerveux, considéré dans son ensemble comme dans ses détails, n'y présente rien de notable, si ce n'est une particularité dans la distribution de certains cordons nerveux qui se rendent à un organe créé pour une action spéciale.

Tout porte à croire, d'après cela, que le fluide développé

dans le système nerveux est le même chez tous les poissons, et que si cet appareil particulier, au lieu de produire, comme les autres organes, des phénomènes vitaux et de servir à des actes de nutrition, donne lieu à des phénomènes spéciaux, cela tient aux dispositions spéciales dont la nature l'a doué. L'apparition de ces phénomènes exceptionnels, si extraordinaires du sein même des variétés infinies que présentent les manifestations vitales, constate une fois de plus ce principe, que toujours simple et uniforme dans ses moyens, la nature est cependant multiple et variée à l'infini dans ses résultats.

Si nous examinons maintenant le système nerveux d'une manière générale et dans l'ensemble des poissons, nous verrons que la production des phénomènes électriques chez des êtres de cette classe n'est peut-être pas un fait aussi extraordinaire qu'on se le figure au premier abord. Non-seulement il m'a été donné de constater l'existence de l'*organe spécial* à l'état rudimentaire sur plusieurs poissons qui paraissent dépourvus de toute vertu électrique, mais des dissections très-nombreuses m'ont prouvé que le système nerveux est, d'une manière générale, relativement considérable chez les poissons, si on le compare aux autres systèmes de l'organisme. Ce système y est partout admirablement protégé dans le crâne et le rachis; il se montre doué d'une incitabilité très-vive, et y produit plus facilement que chez les autres animaux ces phénomènes galvaniques qui sont si voisins des phénomènes électriques proprement dits.

« J'ai vu des poissons, dit M. de Humboldt, auxquels on » avait coupé la tête, étant galvanisés, de manière qu'en la » frappant avec leur queue, tous leurs corps sautaient assez » haut sur la table où ils étaient posés.

» Lorsque j'exaltais leur incitabilité au moyen des dissolu- » tions alcalines, ou de l'acide muriatique oxygéné, j'avais de » la peine à m'en rendre maître, surtout lorsque je faisais ces

expériences sur des Anguilles ou sur des Tanches. Le moindre contact des métaux les faisait s'élancer très-loin (1). J'ai répété ces expériences, et j'ai obtenu des résultats analogues; on sait aussi que dans les violents orages, lorsque la foudre atteint la surface d'un étang ou d'une nappe d'eau, beaucoup de poissons peuvent être frappés à mort.

Il ressort clairement de ces expériences et observations qu'une grande analogie existe entre les phénomènes nerveux galvaniques et électriques. C'est en raison de leur remarquable excitabilité que M. de Humboldt a pris pour sujet de ses expériences les poissons, et particulièrement l'*Anguille ordinaire* (Murena anguilla), l'*Ammodytes tobianus*, le *Perca lucioperca*, le *Perca cernua*, le *Cobitis fossilis*, le *Cyprinus tinca*, le *Cyprinus carpio*.

J'ai répété et varié ces expériences, et j'ai non-seulement été conduit aux mêmes résultats touchant le système nerveux des poissons, mais encore j'y ai trouvé la confirmation de certaines données résultant des recherches que j'ai faites à d'autres époques sur les quantités relatives de la substance blanche et de la substance grise, et sur les rapports de la première avec les facultés motrices (2). J'ai pu constater enfin que chez les poissons, comme chez les autres vertébrés, la sensibilité, comme le mouvement, ont leur point de départ exclusivement dans la moelle et dans les nerfs qui en naissent.

J'ai expérimenté sur des Carpes vivantes comme je l'avais fait sur de grands animaux. En mettant à découvert la moelle

(1) Ouvrage cité, p. 283.

(2) Chez le Brochet j'ai trouvé une moelle épinière volumineuse entourée d'une membrane mince, argentée, les renflements craniens enveloppés d'une substance liquide tremblotante, les lobes du cerveau très-petits, la moelle allongée formée presque exclusivement de substance blanche, peu de substance grise; les pyramides antérieures et postérieures très-marquées et se perdant les unes dans le cervelet, les autres dans les tubercules craniens.

épinière et les renflements craniens, j'ai pu m'assurer que des corps étrangers, promenés sur la face antérieure de la moelle, ne déterminaient aucune manifestation de sensibilité, tandis que des contractions étaient provoquées en promenant un stylet sur la face postérieure de cet organe, ou sur la face antérieure de la moelle allongée. Tant que la continuité de la moelle épinière, du cerveau et du cervelet existe, les mouvements excités sont remarquables par leur force et leur régularité.

Il résulte de toutes ces expériences que le système nerveux des poissons électriques ne diffère pas du système nerveux des autres poissons, au point de vue anatomique; qu'on peut développer chez ces animaux des phénomènes de sensibilité entièrement semblables aux phénomènes galvaniques et aux manifestations électriques; que les phénomènes électriques ne se produisent pas en raison d'un système nerveux différent, mais bien en raison d'un organe particulier destiné à dégager le courant que le système nerveux lui apporte.

Y a-t-il dans l'appareil électrique une circulation nerveuse? Quel est le mécanisme des commotions électriques? Voilà bien longtemps que l'on cherche à découvrir une circulation nerveuse à l'instar des circulations sanguines et lymphatiques. La circulation proprement dite est prouvée matériellement par la structure des canaux qui charrient le sang, et par la marche de ce liquide dans leur intérieur.

Il n'est pas aussi facile d'arriver à la démonstration de la circulation nerveuse, parce que la structure des nerfs n'est pas favorable à cette théorie, et parce que la nature du fluide que l'on a supposé parcourir l'intérieur du névrilemme, n'est pas démontrée par des moyens d'investigation suffisants.

Chez l'homme et chez les vertébrés qui ne sont pas pourvus d'un appareil électrique, la véritable nature du fluide et son existence même n'ont été clairement démontrées que dans ces derniers temps.

Des physiologistes de renom ont, à diverses époques, cherché à découvrir le mécanisme de la circulation nerveuse qu'ils avaient spéculativement admise. Leurs travaux sont demeurés stériles, et le problème est resté sans solution. Burdach, Vandeen, Carus, Prévost et Dumas ont admis une circulation nerveuse, puis à l'aide d'une ingénieuse théorie, particulièrement fondée sur l'existence des anses nerveuses, ils ont cru que le débat était clos; mais cette théorie pèche malheureusement par sa base, parce que les anses nerveuses ne se rencontrent que rarement et dans quelques poissons seulement. Ainsi que des dissections attentives me l'ont appris, les nerfs après s'être accolés, comme pour former des anses, finissent par se diviser à l'infini, en formant des sortes de houppes ou de pinceaux.

Une grande autorité est dernièrement intervenue en faveur de l'ancienne théorie de la circulation nerveuse. M. Flourens a fait des expériences sur différents animaux, d'où il conclut à l'existence de la circulation nerveuse; je vais rapporter l'opinion de ce physiologiste célèbre.

De la sensibilité récurrente. — J'ai rappelé dans une occasion récente la belle expérience de Magendie sur la sensibilité récurrente.

« Si l'on coupe la racine antérieure d'un nerf, cette racine » qui donnait auparavant des signes de sensibilité dans toute » son étendue, n'en donne plus que par son bout périphé» rique; le bout médullaire est devenu insensible.

» La sensibilité de la racine antérieure lui vient donc de la » racine postérieure et non de la moelle.

» Ce n'est pas tout: si, laissant la racine antérieure intacte, » on coupe la postérieure, la sensibilité de la racine antérieure » est aussitôt perdue.

» C'est donc, encore une fois, de la racine postérieure que » vient la sensibilité de la racine antérieure.

» Mais comment en vient-elle ? Évidemment par retour, par » circuit, ou du moins par demi-circuit ; et ce retour, ce demi-» circuit ne se fait pas immédiatement.

» Magendie a coupé le nerf total, le nerf mixte, le nerf résul-» tant de la jonction des deux racines, après le point de jonc-» tion ; il l'a coupé 4 lignes, 6 lignes après ce point, et la sen-» sibilité de la racine antérieure a été également perdue.

» Le retour ne se fait donc pas immédiatement ; il ne se fait » que loin, très-loin, et par les extrémités mêmes des nerfs, » comme le retour du sang des artères aux veines ne se fait » qu'aux extrémités mêmes des veines et des artères.

» Cette sensibilité de retour, cette sensibilité récurrente, est » le premier trait de ce que j'appelle la *circulation nerveuse*. »

Avant d'admettre la circulation nerveuse, il convenait de démontrer l'existence d'un fluide nerveux. Elle a été reconnue à l'aide d'expériences délicates tentées avec le galvanomètre, puis à l'aide d'un moyen plus sensible encore, conseillé par M. Matteucci. Il est acquis aujourd'hui que ce fluide n'est autre chose que l'électricité, généralement répandue dans tous les corps de la nature. Dans les circonstances ordinaires, le fluide électrique est à l'état latent et porte le nom d'*électricité neutre,* composée de fluide positif et négatif.

Ce qui n'avait été que soupçonné relativement à l'électricité dans les animaux, a été clairement démontré par l'expérience de M. Matteucci.

L'instrument qu'il a employé, et au moyen duquel il a pu apprécier l'électricité animale, est la patte de la grenouille galvanoscopique, consistant en une patte de grenouille, coupée, dépouillée de sa peau, et où le muscle de la cuisse est mis à nu. La patte ainsi préparée est posée sur une plaque de verre, vernie d'avance à la laque pour éviter toute influence d'électricité étrangère.

Nous avons dit qu'avant ces expériences décisives l'existence

de l'électricité chez les animaux était déjà soupçonnée. En effet, il est établi depuis longtemps que le carbone et l'hydrogène en brûlant développent de l'électricité. En présence des expériences de MM. Dumas et Boussingault, qui prouvaient évidemment la combustion intérieure du carbone et de l'hydrogène chez les animaux, on arrivait nécessairement à cette question :

Si le carbone et l'hydrogène en brûlant donnent de l'électricité, que devient l'électricité produite par leur combustion dans les animaux ?

Des expériences souvent curieuses ont été tentées à ce sujet, mais elles sont toujours demeurées sans résultat, et ne méritent pas d'être rapportées. Il n'en est pas ainsi de l'expérience remarquable de M. Matteucci, à l'aide de laquelle il prouve non-seulement l'existence du fluide électrique au sein des organes des animaux, mais à l'aide de laquelle ce fluide est mis en évidence à mesure qu'il se forme.

Nous avons vu que la patte de la grenouille, préparée d'une certaine manière, est le meilleur des galvanomètres. Si nous prenons une grenouille, si, après l'avoir coupée en deux et avoir ôté la peau de la partie inférieure, nous approchons des muscles de la cuisse la patte d'une grenouille galvanoplastique dans la position indiquée par la figure A, nous observons qu'à chaque contraction des muscles B il y a une contraction du nerf C de la patte qui nous sert de galvanomètre. De même, si l'on met à nu le muscle pectoral d'un pigeon, et si l'on fait à ce muscle une incision transversale, en posant le nerf de la patte de grenouille sur l'incision du muscle, il y a contraction chez la grenouille tant que la vie n'est pas éteinte.

De ces faits et d'autres analogues nous pouvons conclure que *Lorsque les muscles d'un animal encore vivant se contractent, il se passe un phénomène quelconque capable de contracter les muscles d'une grenouille galvanoscopique.*

Ici se présente naturellement à l'esprit cette questoin : Le magnétisme animal peut-il être autre chose que le résultat de cette influence forcée des contractions des muscles d'un animal sur les nerfs d'un autre animal qui en approche? Nous croyons que les expériences de M. Matteucci répondent à cette question d'une manière victorieuse. Les phénomènes magnétiques, incontestables au moins jusqu'à une certaine limite, prennent évidemment leur source dans l'électricité intérieure des animaux.

M. Matteucci est allé encore plus loin : il a coupé à un animal vivant une portion de muscle; il a étudié ce morceau de muscle avec le galvanomètre, et il a vu qu'en mettant une des extrémités du galvanomètre en rapport avec l'intérieur du muscle et l'autre avec l'extérieur, il se forme un courant électrique dans lequel le fluide positif part de la partie intérieure du muscle observé.

L'existence du fluide électrique est donc démontrée; mais comment le fluide électrique se propage-t-il? Est-ce sous forme de circulation, ou bien se produit-il là où on le rencontre? Dans l'état actuel de la science, il me semble impossible de résoudre ces questions. Il est à croire cependant que la circulation joue un grand rôle dans la production de ce fluide, car la sensibilité et le mouvement semblent être en raison directe de l'activité de la circulation des organes. On s'est demandé si tout ne dérivait pas d'un point de la moelle, sans doute en voyant combien la sensibilité et le mouvement sont fortement inhérents à son état d'intégrité. Les continuités nerveuses ne sont pas d'ailleurs indispensables pour que la sensibilité se produise, c'est ce que mes expériences sur les lambeaux autoplastiques me semblent avoir démontré complétement.

En ce qui concerne les poissons électriques, l'existence et la nature du fluide n'ont pas besoin d'être démontrées, puisque les effets y sont réguliers et constants, et qu'on y rencontre

même l'étincelle électrique. Ces phénomènes sont faciles à concevoir, si l'on réfléchit à la structure de l'appareil électrique, qui représente une véritable batterie électrique animale.

Mais, y a-t-il une circulation nerveuse facile à démontrer? Les anses nerveuses qui existent dans quelques parties de ces appareils seraient plus favorables à cette opinion que dans le reste de l'échelle animale. Disons cependant que la circulation nerveuse proprement dite n'est pas prouvée anatomiquement d'une manière régulière. Le fluide électrique peut parfaitement être transmis par la continuité des nerfs, parcourir leur surface sans circuler dans les gaînes du névrilemme. Le fluide nerveux ne se transmet-il pas d'ailleurs au moyen du tissu cicatriciel dans lequel on ne rencontre pas de traces de canaux?

Comment expliquer les phénomènes nerveux, les chocs électriques, les commotions qui sont pour ainsi dire soumises à l'influence de la volonté, et qui finissent par s'épuiser, de même que les mouvements cessent chez l'homme et les animaux à la suite d'épuisement du système nerveux?

Le fluide électrique se fabrique dans l'appareil électrique et est transmis à l'extérieur par les nerfs, la peau et tous les tissus qui le recouvrent.

La volonté de l'animal a une immense influence sur la force et l'intensité des commotions. Cela est hors de doute, et c'est un fait acquis à la science que, dans ces animaux comme dans l'homme, ces appareils, comme les organes, sont soumis à la puissance variée du système nerveux.

Tous les appareils électriques sont entourés de puissances musculaires énormes qui tantôt appartiennent à l'appareil lui-même, comme dans le Gymnote, qui tantôt sont entourés par de nombreux muscles, comme dans la Torpille, ou qui adhèrent fortement aux téguments, comme dans le Malaptérure électrique; si bien que, dans ce dernier poisson, l'appareil

électrique doit être influencé par les mouvements de l'animal et les contractions des muscles profonds.

Il semble que la nature ait calculé toutes ces dispositions anatomiques, de manière à donner à l'animal les plus grands moyens de défense possible, en les soumettant à l'influence de la volonté. C'est, en effet, dans l'appareil que se distribuent des nerfs puissants, nombreux, qui jettent çà et là des branches et des filets dans les muscles ; d'où il résulte que l'appareil se trouve lié pour ainsi dire à l'action musculaire et à la sensibilité de la peau, qui en reçoit des filets. Quelle admirable unité ! quel admirable ensemble, dont toutes les parties concourent au même but !

Fonctions de l'appareil électrique. — Bien que ce dégagement de fluide électrique, qui a fait comparer l'action du Gymnote et celle de la Torpille à l'action de la bouteille de Leyde, ne soit l'objet d'aucun doute, je citerai néanmoins les expériences récentes qui ont permis de constater matériellement et scientifiquement l'existence de cette électricité au sein d'un organe vivant.

Déjà Walsh, M. Falkberg, etc., assurent avoir aperçu une étincelle en exposant un Gymnote à l'air, et il est si surprenant que M. de Humboldt, observateur attentif, n'ait rien pu constater de semblable pendant ces chocs électriques dont il donne un intéressant tableau, que je ne résiste pas au plaisir de rapporter, avant de donner d'autres preuves décisives, que c'est bien de l'électricité pure que dégagent les poissons électriques. Le récit de M. de Humboldt fournira d'ailleurs de puissants arguments à cette thèse.

« Impatientés par une longue attente, dit le célèbre voya-
» geur, et n'obtenant que des résultats très-incertains sur
» un Gymnote vivant, mais très-affaibli, qu'on nous avait ap-
» porté, nous nous rendîmes au Canô de Bera pour faire nos

» expériences en plein air, au bord de l'eau même. Nous par-
» tîmes le 19 mars, de grand matin, pour le petit village de
» Rastro de Abaxo; de là les Indiens nous conduisirent à un
» ruisseau qui, dans le temps des sécheresses, forme un bassin
» d'eau bourbeuse entouré de beaux arbres de clusia, d'amyris
» et de mynoses à fleurs odoriférantes. La pêche des Gymnotes
» avec des filets est très-difficile, à cause de l'extrême agilité
» de ces poissons qui s'enfoncent dans la vase comme des ser-
» pents. On ne voulut point employer le barbasco, c'est-à-dire
» les racines du *Piscidia erythrima,* du *Jacquinia armillaris*, et
» quelques espèces de *Phyllanthus,* qui, jetés dans une mare,
» enivrent ou engourdissent les animaux. Ce moyen aurait
» affaibli les Gymnotes. Les Indiens nous disaient qu'ils allaient
» pêcher avec les chevaux : *embarbascar con cavallos*. Nous
» eûmes de la peine à nous faire une idée de cette pêche ex-
» traordinaire; mais bientôt nous vîmes nos guides revenir de
» la savane, où ils avaient fait une battue de chevaux et de
» mulets non domptés. Ils en amenèrent une trentaine, qu'on
» força d'entrer dans la mare.

» Le bruit extraordinaire causé par le piétinement des che-
» vaux fait sortir les poissons de la vase et les excite au com-
» bat. Ces Anguilles jaunâtres et livides, semblables à de grands
» serpents aquatiques, nagent à la surface de l'eau et se pres-
» sent sous le ventre des chevaux et des mulets. Une lutte
» entre des animaux d'une organisation si différente offre le
» spectacle le plus pittoresque. Les Indiens, munis de harpons
» et de roseaux longs et minces, ceignent étroitement la mare;
» quelques-uns d'entre eux montent sur les arbres, dont les
» branches s'étendent horizontalement au-dessus de la surface
» de l'eau. Par leurs cris sauvages et la longueur de leurs
» joncs, ils empêchent les chevaux de se sauver en atteignant
» la rive du bassin. Les Anguilles, étourdies du bruit, se dé-
» fendent par la décharge réitérée de leurs batteries électri-

» ques. Pendant longtemps elles ont l'air de remporter la vic-
» toire. Plusieurs chevaux succombent à la violence des coups
» invisibles qu'ils reçoivent de toutes parts dans les organes
» les plus essentiels à la vie. Étourdis par la force et la fré-
» quence des commotions, ils disparaissent sous l'eau; d'au-
» tres, haletants, la crinière hérissée, les yeux hagards et ex-
» primant l'angoisse, se relèvent et cherchent à fuir l'orage
» qui les surprend : ils sont repoussés par les Indiens au mi-
» lieu de l'eau. Cependant un petit nombre parvient à trom-
» per la vigilance active des pêcheurs; on les voit gagner la
» rive, broncher à chaque pas, s'étendre dans le sable, excédés
» de fatigue et les membres engourdis par les commotions
» électriques des Gymnotes.

» En moins de cinq minutes deux chevaux étaient noyés.
» L'Anguille ayant 5 pieds de long, et se pressant contre le
» ventre des chevaux, fait une décharge de toute l'étendue
» de son organe électrique. Elle attaque à la fois le cœur, les
» viscères et le *plexus cœliacus* des nerfs abdominaux. Il est na-
» turel que l'effet qu'éprouvent les chevaux soit plus puissant
» que celui que le même poisson produit sur l'homme, lors-
» qu'il ne le touche que par une des extrémités. Les chevaux
» ne sont probablement pas tués, mais simplement étourdis.
» Ils se noient, étant dans l'impossibilité de se relever, par la
» lutte prolongée entre les autres chevaux et les Gymnotes.

» Nous ne doutions pas que la pêche ne se terminât par la
» mort successive des animaux qu'on y emploie. Mais peu à peu
» l'impétuosité de ce combat inégal diminue; les Gymnotes
» fatigués se dispersent. Ils ont besoin d'un long repos et
» d'une nourriture abondante pour réparer ce qu'ils ont perdu
» de force galvanique. Les mulets et les chevaux parurent
» moins effrayés; ils ne hérissaient plus la crinière, leurs
» yeux exprimaient moins l'épouvante. Les Gymnotes s'ap-
» prochaient timidement du bord du marais, où on les prit

» au moyen de petits harpons attachés à de longues cordes. » Lorsque les cordes sont bien sèches, les Indiens, en soulevant le poisson dans l'air, ne ressentent pas de commotions. » En peu de minutes nous eûmes cinq grandes Anguilles, dont » la plupart n'étaient que légèrement blessées; d'autres furent » prises le soir par les mêmes moyens.

» La température des eaux dans lesquelles vivent habituellement les Gymnotes est de 26 à 27 degrés. On assure que » la force électrique diminue dans des eaux plus froides. Et il » est assez remarquable, en général, comme l'a observé un » physicien célèbre, que les animaux doués d'un appareil électromoteur qui ont un effet sur l'homme ne sont pas dans » l'air, mais dans un fluide condensateur de l'électricité.

» Dans une masse d'eau de mer haute de presque 1 mètre » et contenue dans un vase de 30 centimètres de diamètre, » dont la température est à + 18 degrés Réaumur, la Torpille » ne vit ordinairement que cinq ou six heures au plus, en » conservant toujours sa force électrique avec une activité plus » ou moins grande. Si la température vient à s'abaisser, la » fonction électrique cesse presque en même temps. J'ai pris » deux Torpilles femelles, pêchées au même instant et d'une » grosseur moyenne. L'expérience a commencé trois heures » après que je les avais prises. On les a mises dans des quantités d'eau de mer égales, mais de température différente : » l'une était à 18 degrés Réaumur, et l'autre à + 4 degrés » Réaumur. Au bout de cinq minutes, la Torpille plongée » dans l'eau froide ne donnait plus de décharges électriques, » quoiqu'on l'irritât, et ne faisait aucun mouvement. Cinq » minutes plus tard, on ne voyait presque plus de mouvement » dans ses branchies : on l'aurait crue morte. L'autre Torpille » était parfaitement dans son état ordinaire. J'ai retiré la première de l'eau et je l'ai mise avec l'autre : une dizaine de » minutes s'étaient à peine écoulées, qu'elle avait déjà sa pre-

» mière force tout à fait comme l'autre. J'ai répété sur le même
» poisson quatre fois de suite la même expérience, toujours
» avec le même succès, si ce n'est qu'il demandait pour se
» rétablir un temps d'autant plus long qu'on l'avait plus lon-
» guement refroidi. Je vis une petite Torpille mâle, large de
» 6 centimètres, transportée de nuit pendant dix heures dans
» une très-petite quantité d'eau de mer, à la température de
» + 8 degrés à + 10 degrés Réaumur : elle arriva engourdie
» et presque morte. L'état où je la voyais me la fit retirer de
» l'eau et mettre sur une table où tombait un rayon de soleil
» levant. Je la vis alors se mouvoir ; je la remis dans de l'eau
» qui était à + 16 degrés, et dans un instant elle me donna la
» décharge électrique. Elle vécut pendant une heure. J'ai étu-
» dié l'action du réchauffement sur une autre Torpille : c'était
» une Torpille femelle de dimension moyenne, et qui n'était
» pas même très-vivace. Je la mis dans de l'eau de mer, que je
» pouvais échauffer à volonté. A mesure que la température
» s'élevait, j'avais soin de toucher l'animal. Il ne cessa jamais
» de donner de fortes décharges électriques. La température
» était à + 30 degrés Réaumur, lorsque l'animal me donna
» cinq à six décharges électriques plus fortes qu'auparavant,
» qui durèrent quelques secondes ; après quoi il mourut. J'ai
» prolongé le séjour d'une autre Torpille dans de l'eau à
» + 26 degrés Réaumur ; elle continua à donner des décharges,
» mais elle ne tarda pas à mourir. Si l'on a soin de la retirer
» tout de suite de l'eau chaude jusqu'à + 24 ou + 26 de-
» grés, et de la remettre dans de l'eau à + 18 degrés Réau-
» mur, on parvient à la rétablir. C'est une expérience que j'ai
» répétée plusieurs fois. J'ai tenu pendant un certain temps,
» plongée dans de l'eau froide, la moitié d'une Torpille vivante,
» et par conséquent un de ses organes, tandis que l'autre
» était dans l'air à + 22 degrés Réaumur. Au bout d'une
» dizaine de minutes, on pouvait irriter l'organe refroidi de la

» Torpille, sans en avoir la décharge, ce qui n'avait pas lieu » pour l'autre.

» J'ai reçu très-souvent des Torpilles qui avaient voyagé de » la mer jusqu'au pays où j'étais, pendant des nuits très- » froides. Les Torpilles arrivaient sans aucun signe de vie, » et il était impossible d'en avoir la décharge. Exposées au » soleil ou dans de l'eau à +25 ou 30 degrés centigrades, je les » voyais très-souvent reprendre la vie et la fonction électrique. » On peut très-bien expliquer cette action de la chaleur, sans » recourir à des causes inconnues ou à des analogies trop » éloignées. Les principes établis dans les grands travaux » d'Edwards sur la respiration suffisent pour faire comprendre » ce phénomène. Il n'y a qu'à admettre que l'activité de l'ac- » tion électrique est proportionnelle au degré de l'activité de » la circulation et de la respiration de l'animal. Le poisson » plongé dans l'eau froide a la circulation presque arrêtée à » l'instant, et une petite quantité d'air suffit pour entretenir » son existence engourdie. Dans l'eau chaude, la circulation » et la respiration prennent une très-grande rapidité; mais le » poisson doit bientôt mourir par l'effet de la diminution de » l'air, dont la quantité n'est plus en rapport avec la nouvelle » activité de ces deux fonctions. »

L'étincelle électrique que M. de Humboldt n'avait pu constater sur le Gymnote, et que Walsh et autres ont constatée, a été parfaitement remarquée sur la Torpille par le célèbre physicien italien que je viens de citer.

L'étincelle électrique de la décharge de la Torpille, suivant lui, s'obtient très-aisément avec un appareil de son invention. Deux feuilles d'or sont appliquées avec de la gomme sur les deux boules métalliques; on tient ces deux feuilles à la distance de $\frac{1}{2}$ millimètre, et en agitant légèrement le plat métallique supérieur, on irrite l'animal; dans le même moment, les feuilles se meuvent, se rapprochent et s'éloignent

presque simultanément. On voit alors des étincelles brillantes éclater entre les feuilles d'or.

Il résulte encore des expériences de tous les observateurs que les chocs électriques communiqués par l'animal sont d'autant plus forts que celui-ci est de plus grande taille, qu'il n'est pas épuisé par des attaques, ou qu'il n'a pas été blessé lorsqu'on s'en est emparé. Citons encore à cet égard le passage suivant de l'ouvrage de M. de Humboldt :

« On ne s'expose pas témérairement aux premières com-» motions d'un Gymnote très-grand et fortement irrité. Si, par » hasard, on reçoit un coup avant que le poisson soit blessé, » ou fatigué par une longue poursuite, la douleur et l'engour-» dissement sont si violents, qu'il est impossible de pronon-» cer sur la nature du sentiment qu'on éprouve. Je ne me sou-» viens pas d'avoir jamais reçu, par la décharge d'une grande » bouteille de Leyde, une commotion plus effrayante que celle » que j'ai ressentie en plaçant imprudemment les deux pieds » sur un Gymnote que l'on venait de retirer de l'eau. Je fus » affecté le reste du jour d'une vive douleur dans les genoux » et presque dans toutes les jointures. Pour s'assurer de la » différence assez marquante qui existe entre la sensation » produite par la pile de Volta et les poissons électriques, il » faut toucher ces derniers lorsqu'ils sont dans un état de fai-» blesse extrême. Les Gymnotes et les Torpilles causent alors » un tressaillement qui se propage depuis la partie appuyée » sur les organes électriques jusqu'au coude. On croit sentir à » chaque coup une vibration qui dure deux à trois secondes, » et qui est suivie d'un engourdissement douloureux. Aussi les » Indiens Tamanaques, dans leur langue expressive, appellent » le Temblador *Arinna*, c'est-à-dire qui prive de mouvement.

» La sensation que causent les faibles commotions d'un » Gymnote m'a paru très-analogue au tressaillement dont j'ai » été saisi à chaque contact de deux métaux hétérogènes ap-

» pliqués sur des plaies que je m'étais faites au dos par le
» moyen des cantharides. Cette différence de sensation, entre
» les effets des poissons électriques et ceux de la pile ou d'une
» bouteille de Leyde faiblement chargée, a frappé tous les
» observateurs; elle n'est cependant aucunement contraire à
» la supposition de l'identité de l'électricité et de l'action
» galvanique des poissons. L'électricité peut être la même,
» mais ses effets seront diversement modifiés par la disposition
» des appareils électriques, par l'intensité du fluide, par la
» rapidité du courant, par un mode d'action particulier. »

Ainsi aucun doute n'est scientifiquement admissible sur la nature des actions organiques que nous venons de décrire, et du fluide qui en est l'agent matériel direct. Mais, si après avoir démontré d'abord l'influence du système nerveux sur ces actions et l'appareil électrique, la réaction de cet appareil sur les autres organes vivants, question déjà d'un ordre très-différent, nous cherchons à nous élever à des questions encore plus hautes, et à découvrir les mystérieuses réactions des divers éléments qui composent l'appareil électrique lui-même, les actions réciproques de la fibre nerveuse, des liquides et des tissus de l'appareil, nous arrivons à une limite où l'observation s'arrête et devient impuissante.

J. Davy a cherché à découvrir des contractions dans l'appareil électrique de la Torpille. Cette recherche était vaine, puisqu'il n'entre dans la composition de cet organe aucune fibre musculaire.

Les éléments que le scalpel y dénote sont les tissus fibreux, cellulaires, des vaisseaux, des nerfs et des liquides.

Chacun de ces tissus y est avec ses caractères physiques et probablement avec ses propriétés physiologiques, et tout ce qu'on peut trouver de spécial, c'est l'apparence d'une plus grande énergie dans les phénomènes d'imbibition, de capillarité, d'endosmose et d'exosmose, en un mot dans ces actes

d'échange et de pénétration mutuelle des solides et des liquides de l'organisme.

J'ai dit que dans les poissons électriques la peau est fine, délicate et sans cesse humectée par un liquide onctueux, collant, fourni par des glandes sous-cutanées très-nombreuses, et il résulte d'expériences concluantes que ce liquide sécrété sert à la transmission du fluide électrique.

Ce mucus paraît meilleur conducteur que l'eau de mer, car lorsque les mains en sont imprégnées, ou quand un morceau frais de la peau de la Torpille avec le mucus y adhère, si on recouvre les extrémités des fils de contact que l'on tient à la main, le choc paraît plus fort que d'ordinaire. L'observation suivante vient encore confirmer l'assertion précédente. Lorsqu'on place sous une Torpille très-vive un fil de métal, de manière que l'un des bouts se rende à la bouche et l'autre à l'extrémité du dos, hors du cercle de l'appareil muqueux, le choc électrique n'a d'effet ni sur le multiplicateur introduit dans le circuit, ni sur les aiguilles de la spirale faisant également partie du circuit; mais si un autre fil touche l'organe électrique, le fil inférieur étant placé comme ci-dessus, les deux appareils accusent alors des effets, tant que l'on transporte les deux fils à côté l'un de l'autre, chacun à environ un quart de pouce de distance, le fil supérieur ne communiquant avec les organes électriques que par les téguments communs et l'appareil muqueux.

Le fluide électrique paraît à son tour exercer une influence sur la sécrétion de ce liquide, de même qu'il en exerce une sur les substances contenues dans l'estomac des animaux.

La relation qui existe entre les nerfs électriques et le système muqueux a fait supposer que les fonctions électriques ne sont pas seulement aidées par la sécrétion du mucus, mais qu'elles favorisent aussi cette sécrétion, et qu'ainsi comme on l'a supposé pour l'estomac, toutes les fois que l'électricité

n'est pas employée à repousser un ennemi par de violents efforts, cette fonction peut contribuer à augmenter l'activité de ces glandes. On a observé effectivement, à l'appui de cette conjecture, dans des poissons conservés, que là où la digestion est arrêtée, la sécrétion du mucus paraît l'être aussi et est au moins considérablement diminuée.

J. Davy a fait sur le système nerveux de la Torpille des expériences qui, sans éclaircir les mystères de l'électricité animale, jettent quelques lumières sur les conditions de sa production et de ses propriétés.

Galvani de son côté avait fait des expériences dans le but de démontrer que l'appareil électrique de la Torpille est conducteur du fluide fabriqué dans le cerveau.

1°. Ayant pris une Torpille, il la divisa dans sa longueur de manière qu'une portion du corps et de l'appareil demeurât en relation avec le cerveau. Cette portion, suivant lui, donna la secousse, tandis que l'autre resta insensible.

2°. Il sépara la tête du corps de l'animal, et alors il fut impossible d'apercevoir aucun phénomène de commotion.

3°. Sur un autre animal, il retira le cœur. Les phénomènes de commotion se produisirent, et ce ne fut qu'après que le cerveau eut été retranché que tout choc électrique disparut.

4°. Il a noté qu'en lésant le cerveau, ou en divisant les nerfs qui se rendent dans l'appareil, on privait l'animal du pouvoir de lancer la décharge.

5°. Enfin, le même expérimentateur enleva le cerveau sur une Torpille, et il ne put provoquer de secousse, quoique les muscles eussent conservé leurs facultés contractiles.

Les coups électriques produits par la Torpille sont accompagnés chez cet animal de phénomènes remarquables qui consistent dans l'agitation des nageoires pectorales. Chez le Gymnote, au contraire, la secousse est communiquée sans que l'animal montre la moindre agitation, sans que ses yeux, sa

tête, ses nageoires cessent d'être calmes. Au reste, M. Matteucci assure que souvent la Torpille, pendant la commotion, n'éprouve aucun changement dans les yeux, ni dans le reste du corps.

Des mouvements, quelquefois à peine sensibles, s'aperçoivent dans le corps de la Torpille, lorsqu'elle donne la décharge électrique, et d'autres fois ils sont très-grands. Aussi s'est-on assuré par une expérience très-simple qu'en effet elle peut se décharger, sans qu'il arrive dans son corps aucun changement de volume. M. Matteucci a introduit une Torpille femelle, de grandeur médiocre, large de $0^{m},14$, dans un bocal plein d'eau salée, et avec elle une grenouille préparée et posée sur son corps. Le bocal était fermé exactement, et portait un tube de verre d'un diamètre très-petit. Après avoir bien luté le bouchon, il a achevé de remplir d'eau le bocal, de manière que le liquide s'élevât dans un petit tube. La Torpille donnait de temps en temps des décharges; la grenouille, en effet, se contractait, mais le niveau du liquide dans le petit tube était immobile.

Je ne chercherai pas à donner l'explication des différences curieuses dans la production des phénomènes de la décharge électrique par les organes vivants. Ce que je constate en terminant, c'est que l'animal seul peut produire ces décharges, et que l'observateur est impuissant pour les provoquer, comme il le fait avec la bouteille de Leyde.

Observons toutefois que l'animal n'est que jusqu'à un certain point le maître de son fluide, ayant la faculté de le produire, mais ne paraissant pas avoir toujours celle de le diriger suivant sa volonté. Je ne puis mieux faire que de citer sur ce point les observations de M. Matteucci :

« Je me suis assuré par l'expérience que la Torpille n'a pas
» le pouvoir de diriger la décharge où elle veut et où elle est
» irritée. Elle se décharge quand elle veut, mais non pas où

» elle veut. On avait cru qu'elle pouvait diriger sa décharge » où elle voulait, parce qu'on avait ressenti la commotion dans » la partie du corps qui touche la Torpille, et parce que le » point irrité du poisson est le point où il est touché; mais » voici ce qui arrive. Si les décharges sont fortes, l'animal étant » en pleine vie, elles se ressentent partout où la Torpille est » touchée. Lorsqu'elle est affaiblie et qu'on vient à l'irriter » pour en avoir la décharge, ce n'est plus dans tous les points » de son corps qu'on la ressent. En effet, j'ai posé plusieurs » grenouilles préparées sur plusieurs points du corps d'une » Torpille un peu affaiblie; je l'ai irritée avec un couteau à la » queue, aux nageoires, aux branchies, etc. Les grenouilles » qui sautaient étaient, dans tous les cas, celles que j'avais po- » sées sur les organes électriques.

» Au moyen de la grenouille seule, j'ai pu établir quelle » était dans la décharge la distribution de l'électricité sur le » corps de la Torpille. Pour que la grenouille, ou un corps » quelconque, soit traversé par le courant électrique de la » Torpille qui se décharge, il faut toujours qu'ils en soient » touchés en deux points différents. Si, par exemple, on prend » une grenouille à laquelle on a laissé un seul filet nerveux » crural, et qu'ensuite on touche la Torpille avec la seule extré- » mité de ce nerf, en tenant la grenouille isolée, on ne voit » jamais celle-ci se contracter, tandis que d'autres grenouilles, » posées sur le poisson, souffrent de très-grandes contractions. » Pour voir la grenouille isolée se contracter par la décharge » de la Torpille, il suffit qu'elle la touche par deux filets ner- » veux ou par un nerf et un muscle, et enfin que deux points » de la grenouille touchent deux points de la Torpille. Si la » grenouille n'est pas soutenue par un corps isolant, mais » qu'au contraire elle communique avec la terre, on la voit » alors se contracter, quand même elle ne toucherait la Tor- » pille que par la seule extrémité d'un filet nerveux. »

Enfin, il résulte des observations de M. de Humboldt que la force du choc est aussi grande et aussi énergique dans l'air que sous l'eau.

L'organe électrique peut être modifié dans sa fonction par l'influence de diverses causes, absolument comme chez l'homme, lorsqu'un organe est troublé d'une manière quelconque.

L'appareil électrique des poissons qui portent ce nom est loin de fonctionner toujours de la même manière, ainsi qu'on a pu le voir dans le courant de ce travail. Il suffit que la respiration soit modifiée, ou que le système nerveux subisse une atteinte dans sa structure ou dans sa fonction, pour qu'il survienne de grandes modifications dans la puissance électrique. Examinons d'abord ce qui se passe dans l'appareil, par suite des changements que la respiration peut éprouver. Nous verrons, par exemple, que les phénomènes électriques sont différents dans la respiration complète ou incomplète.

M. Matteucci s'est sérieusement occupé de la respiration de la Torpille dans ses rapports avec les fonctions électriques. Il a d'abord analysé l'air dissous dans l'eau de mer, afin d'arriver à une démonstration rigoureuse relativement aux altérations qu'il subit par la respiration de la Torpille.

L'eau de mer, étudiée dans sa composition ordinaire par M. Matteucci, a fourni les résultats suivants :

3500 centilitres d'eau, prise à + 13 degrés Réaumur, près de la côte de Cesenatico, ont fourni 101,87 centimètres cubes. La composition pour 100 de ce mélange était

Acide carbonique	11,0
Azote	60,5
Oxygène	29,5

La même eau de mer, prise dans un petit réservoir qui débouchait dans le canal du port à la température de + 22 degrés Réaumur, a donné les résultats suivants :

3500 centilitres fournissent 88,9 centimètres cubes, dont l'analyse pour 100 du mélange est

Acide carbonique..........	17,8
Azote......................	57,8
Oxygène..................	24,4

M. Matteucci a ensuite analysé l'air contenu dans l'eau de mer et où la Torpille avait respiré. Deux Torpilles, plongées dans l'eau analysée, sont demeurées quarante-cinq minutes tranquilles; l'une d'elles seulement a été provoquée à donner la décharge.

L'air où se trouvait la Torpille qui a fourni la décharge, soumis à l'analyse, a fourni les chiffres qu'on va lire :

3500 centilitres ont donné 48,8 centimètres cubes, dont voici l'analyse

Acide carbonique........	11,0	30,6
Azote..................	19,5	69,4
Oxygène...............	traces	traces
	30,5	100,0

L'analyse de l'air contenu en dissolution dans l'eau où la Torpille n'avait fourni aucune décharge, a offert les données indiquées ci-dessous :

3500 centilitres ont donné 51,3 centimètres cubes, et la composition était

Acide carbonique.......	12,50	37,8
Azote.................	20,25	59,4
Oxygène..............	1,00	2,8
	33,75	100,0

On voit donc que chez la Torpille tourmentée, l'oxygène absorbé est à l'azote comme 100 : 37,2. Dans la seconde Torpille, la première proportion est de 100 : 57,50, et la seconde de 100 : 45.

En d'autres termes, la Torpille qui a le plus d'action sur

l'oxygène et l'azote est celle qui développe le moins d'acide carbonique. Le premier résultat s'explique par l'accélération de la respiration et de la circulation de la Torpille irritée. D'ailleurs l'activité de la fonction électrique est proportionnelle à celle de ces deux dernières fonctions. Une expérience le prouve : si on place une Torpille extrêmement affaiblie sous une cloche pleine d'oxygène, à l'instant même l'animal s'agite, ouvre la bouche, donne quelques décharges et meurt.

Pour terminer l'étude des causes extérieures, il faut encore parler de l'action des poisons. Quand on donne à une Torpille 3 grains de muriate de strychnine ou de morphine, l'animal donne des décharges très-fortes, très-rapprochées, cessant quelques minutes avant sa mort qui arrive au bout de vingt à trente minutes.

L'action de l'opium et de la noix vomique est différente. Lorsque les Torpilles sont sous l'influence de ces substances, elles ne donnent plus aucun signe de vie ; retirées de l'eau, la moindre chose suffit pour provoquer la décharge.

Enfin j'ajouterai que la compression sur certains points du corps, le frottement sur les branchies sont des moyens très-efficaces pour produire la décharge.

CHAPITRE VII.

DE L'EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ ANIMALE DANS LES MALADIES.

De nos jours, l'électricité par induction, l'électricité obtenue par la pile voltaïque, est regardée comme un agent très-puissant contre certaines maladies.

Dans les paralysies locales, on réveille le système nerveux par l'électricité employée de diverses manières, et personne ne peut en contester les avantages et l'utilité. Que les fonctions du nerf soient modifiées, que le fluide nerveux ait cessé de parcourir les conduits névrilemmatiques ou les filets nerveux, l'électricité directe (électroponcture) ou médiate et par choc produit de remarquables effets, qui tendent à rétablir la sensibilité et le mouvement.

Dans les excessives douleurs des nerfs, on a fait l'application de l'électricité, et quoique quelques personnes se soient louées de son usage, il n'en est pas moins vrai qu'elle a été plutôt nuisible qu'utile, parce que sans doute le fluide électrique exalte l'action du nerf déjà augmentée.

Pendant longtemps on a cru que l'électricité chimique avait seule été regardée comme un agent thérapeutique, parce qu'en effet le médecin peut la diriger comme il l'entend et modérer à volonté son action médicamenteuse. Cependant on devait bien penser qu'un phénomène aussi extraordinaire que la

commotion électrique communiquée par les poissons qui portent un appareil de ce nom avait dû être employé contre les maladies dès le moment où la découverte de ce curieux phénomène a été faite.

Les choses ont dû se passer autrefois comme aujourd'hui, et il est difficile d'admettre qu'une découverte de cette nature ait été signalée sans qu'aussitôt on se soit occupé d'en apprécier les avantages ou les inconvénients par l'expérimentation.

La première idée des observateurs anciens a dû être nécessairement d'employer l'électricité animale pour combattre les paralysies et autres maladies du système nerveux.

La puissance variée des commotions, qui, en général, est en rapport avec la structure et les dimensions de l'appareil électrique, n'avait pas dû leur échapper. Je dis : *en général*, parce qu'il en est des poissons électriques comme de la plupart des animaux de toutes classes et de tous genres qui présentent des variétés infinies dans leurs fonctions et dans la force de résistance qu'ils opposent aux causes actives de destruction.

On rencontre, par exemple, certaines petites Torpilles douées d'une résistance physique et d'une vitalité merveilleuses.

M. le professeur Wilson vient de se livrer à des recherches sur le rôle que l'électricité peut avoir joué dans la thérapeutique des anciens. Ce traitement, qu'on aurait pu croire encore assez nouveau parmi nous et dater de deux siècles au plus, était déjà employé avec succès par les médecins grecs. Il suffit en effet d'ouvrir Galien, Dioscoride, Asclépias pour y trouver des traces de cette thérapeutique. La Torpille et tous les poissons doués, comme celui-ci, d'un appareil à décharges électriques, rendaient déjà service dans le traitement des névralgies et des paralysies. Dioscoride parle d'un certain Gyllius, homme de grande probité et digne de toute confiance, qui lui avait assuré avoir recouvré l'usage de ses mains paralysées par les décharges du *Torpedo marina*. Si l'on continue

cette étude chez d'autres peuples, on voit que les Égyptiens se servaient du *Malapterurus* du Nil. Ce poisson a même donné lieu à une équivoque de la part des commentateurs. Le mot *Raab* désigne la foudre, et on avait cru trouver un rapprochement entre ce mot et le *Malapterurus* désigné dans le pays sous le nom de *R'a'ab*, c'est-à-dire poisson trembleur, qui cause un tremblement.

FIN.

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE Ier (page 1). — *Des poissons électriques en général.*

Dans ce chapitre se trouvent indiqués les lieux qu'habitent les poissons électriques, les familles auxquelles ils appartiennent.

A la page 5, il est dit que c'est surtout à la structure anatomique qu'il faut en appeler, pour décider la nature électrique de l'animal.

A la page 6, c'est l'ensemble de l'appareil qui donne une idée de la puissance des fonctions électriques.

Tous les poissons électriques présentent des caractères communs tirés de l'expression de leurs yeux, de la minceur de leur peau, de la présence de l'appareil spécial où se fabrique le fluide électrique, etc. Page 6.

CHAPITRE II (page 8). — *Des appareils électriques en particulier.*

La structure anatomique des appareils électriques n'a pu nous fournir une préférence pour décrire plutôt tel appareil que tel autre.

Quoique l'appareil électrique de la Raie proprement dite paraisse, pour ainsi dire, rudimentaire, comparé à l'appareil électrique de la Torpille, nous avons pensé qu'il était préférable de parler de celui de la Torpille en premier lieu. Page 8.

Appareil électrique de la Torpille. Page 9.

Historique. — Les travaux des anciens et des modernes sont successivement passés en revue; on a principalement insisté sur ceux de Redy, de John Hunter, Walsh, Lacépède, Galvani, John Devy, Geoffroy-Saint-Hilaire, Valenciennes, de Blainville, Matteucci, Savi, etc. Page 9.

Les recherches anatomiques de l'auteur sont ensuite exposées, en commençant par la peau, les glandes, les conduits mucifères, les aponévroses, la membrane qui recouvre l'appareil et qu'il appelle *prismagénique*, à cause des fonctions qu'il lui suppose, etc.

Peau. — Description de cette membrane et des ouvertures glanduleuses qui se rendent à sa surface. Page 25.

Glandes et conduits mucifères. — Deux divisions : glandes en masse et glandes disséminées. Page 25.

Membrane qui recouvre l'appareil. — Appelée séro-albuginée ou prismagénique. Page 27.

Appareil électrique. Page 28.

Origine des nerfs de l'appareil électrique. — Ils naissent d'un sillon de la moelle épinière et non d'un lobe particulier. Page 30.

Marche et division des nerfs dans l'intérieur de l'appareil électrique. — Distribution très-complexe. Ils se rendent à l'appareil, aux muscles, aux glandes, etc. Page 32.

CHAPITRE III (page 39). — *Appareil électrique de la Raie.*

C'est l'induction qui a conduit l'auteur à penser que la Torpille n'était pas le seul animal dans la grande famille des Raies qui possédât un appareil électrique.

Situation et volume de l'appareil. Page 40.

Structure de l'appareil. Page 41.

Parallèle entre l'appareil de la Torpille et celui de la Raie proprement dite. Pages 42 et 43.

CHAPITRE IV (page 44). — *Appareil électrique du Malaptérure électrique.*

Il est fait mention, dans l'historique, des recherches de Rudolphi, Geoffroy-Saint-Hilaire, Valenciennes, etc. Pages 44, 45, 46, 47.

A la page 48, les propres dissections de l'auteur, qui diffèrent essentiellement de celles des écrivains, quant au siége de l'appareil, à la disposition des aponévroses, la terminaison des nerfs, etc., sont exposées.

1°. La peau est mince, dépourvue d'écailles, etc. Page 49.

2°. *Tissu propre de l'appareil électrique.* — Il est placé immédiatement sous la peau, contrairement à l'opinion admise. Pages 49 et 50.

3°. *Aponévrose de l'appareil électrique.* — Elle a semblé mériter ce nom, en raison de ses fonctions et de ses rapports intimes avec l'appareil. Page 51.

4°. *Couche de graisse.* Page 52.

5°. *Nerfs de l'appareil.* — Il y a surtout un nerf considérable qui se jette dans l'appareil, et fort peu qui viennent de la moelle. Pages 52 et 53.

6°. Analyse des diverses parties sous le rapport chimique. Page 54.

CHAPITRE V (page 55). — *Appareil électrique du Gymnote.*

Historique. — Le Gymnote, qui forme une tribu dans la grande famille des Anguilliens, a été étudié par John Hunter, sous le point de vue anatomique. Pages 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63.

M. de Humboldt s'est occupé des phénomènes électriques. Pages 55, 56.

Les études anatomiques de l'auteur sont consignées aux pages 63 et suivantes.

1°. *Téguments externes.* Page 63.

2°. *Aponévrose sous-tégumentaire.* — Les cloisons, les gaînes qu'elle forme à l'appareil électrique, aux muscles, n'ont pas été décrites avant l'auteur. Page 64.

a. Gaîne des muscles du dos; mince et fort adhérente, etc. Page 64.

b. Gaîne du grand appareil; épaisse, feutrée, nacrée; elle est formée de fibres annulaires, longitudinales, etc. Page 65.

c. Cloison médiane; forte, transparente, longue; elle sépare les appareils électriques du côté droit de ceux du côté gauche. Page 65.

3°. *Muscles de l'appareil électrique.* — De chaque côté du tronc on trouve un muscle semblable. Il recouvre la gaîne aponévrotique du petit appareil et se fixe sur celle du grand, en prenant des points d'insertion sur les téguments. On comprend l'importance de ce muscle, relativement aux fonctions de l'appareil. Page 66.

4°. *Tissu propre de l'appareil électrique.* — Il est composé de lames, de folioles rayonnées de la cloison médiane vers la circonférence. Cette disposition est parfaitement représentée dans les planches. Pages 67 et 68.

5°. *Nerfs de l'appareil électrique.* — Ces nerfs sont remarquables par leur trajet, leur distribution, leur origine. Pages 68, 69, 70.

6°. *Partie chimique et microscopique du tissu propre.* Pages 71, 72.

CHAPITRE VI (page 73). — *Des fonctions de l'appareil électrique des poissons électriques.*

Le système nerveux des poissons électriques est-il différent de celui des autres poissons? Page 73.

L'appareil électrique fabrique-t-il le fluide électrique? Page 73.

PARIS. — IMPRIMERIE DE MALLET-BACHELIER,
RUE DU JARDINET, 12.

